

# LAPORAN TUGAS AKHIR

## **PENGARUH PENAMBAHAN *IMPACT MODIFIER* TERHADAP KEKUATAN IMPAK, TARIK DAN KELENTURAN PADA POLIPROPILENA**

(Februari – Juni 2018)

Diajukan sebagai salah satu syarat penyelesaian akademik  
Program Studi Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta



**OLEH:**

**MUHAMMAD FACHMI MAULANA** 1513057

**SHELA DENTIA RESTI** 1514034

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER  
POLITEKNIK STMI JAKARTA  
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I.**

**2018**



**POLITEKNIK STMI JAKARTA**  
**KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I.**  
**LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING**

JUDUL PENELITIAN

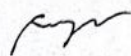
PENGARUH PENAMBAHAN *IMPACT MODIFIER*  
TERHADAP KEKUATAN IMPAK, TARIK, DAN KELENTURAN  
PADA POLIPROPILENA

DISUSUN OLEH :  
NAMA : MUHAMMAD FACHIMI MAULANA  
SHELA DENTIA RESTI  
NIM : 1513057  
1514034  
PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Telah diperiksa dan disetujui sebagai salah satu syarat penyelesaian akademik  
Program Studi Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta.

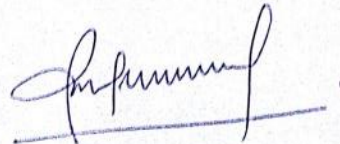
Jakarta, Juli 2018

Menyetujui  
Ketua Program Studi  
Teknik Kimia Polimer



**Ir. Roosmariharso, MBA**  
NIP. 195405231980031004

Dosen Pembimbing



**Ir. P. Leonard Marpaung, MM,**  
NIP. 195702141985031002

## LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING PENELITIAN

JUDUL PENELITIAN

PENGARUH PENAMBAHAN *IMPACT MODIFIER* TERHADAP KEKUATAN IMPAK, TARIK, DAN KELENTURAN PADA POLIPROPILENA

DISUSUN OLEH :  
NAMA : MUHAMMAD FACHMI MAULANA  
SHELA DENTIA RESTI  
NIM : 1513057  
1514034  
PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Jakarta, Juli 2018

Telah diperiksa dan disetujui oleh:  
Pembimbing

*Commercial Advisor*



**Ir. Tri Budiarto**

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Kami Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia Polimer, Politeknik STMI Jakarta,  
Kementerian Perindustrian Republik Indonesia:

Nama : Shela Dentia Resti

NIM : 1514034

Program Studi : Teknik Kimia Polimer

Dengan ini menyatakan bahwa hasil karya Tugas Akhir Penelitian yang kami buat dengan judul: “Pengaruh Penambahan *Impact Modifier* terhadap Kekuatan Impak, Tarik, dan Kelenturan pada Polipropilena”

- Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survei lapangan, bimbingan dengan dosen pembimbing dan pembimbing penelitian, melalui tanya jawab maupun asistensi, serta buku-buku jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya tulis Tugas akhir Penelitian ini.
- Bukan merupakan duplikasi yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas/Perguruan Tinggi lain, kecuali pada bagian-bagian tertentu digunakan referensi pendukung untuk melengkapi informasi dan sumber informasi dengan dicantumkan melalui referensi yang semestinya.
- Bukan merupakan karya tulis terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya Tugas Akhir Penelitian kami.

Jakarta,.....2018

Yang Membuat Pernyataan

Shela Dentia Resti

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Kami Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia Polimer, Politeknik STMI Jakarta,  
Kementerian Perindustrian Republik Indonesia:

Nama : Muhammad Fachmi Maulana

NIM : 1513057

Program Studi : Teknik Kimia Polimer

Dengan ini menyatakan bahwa hasil karya Tugas Akhir Penelitian yang kami buat dengan judul: “Pengaruh Penambahan *Impact Modifier* terhadap Kekuatan Impak, Tarik, dan Kelenturan pada Polipropilena”

- Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survei lapangan, bimbingan dengan dosen pembimbing dan pembimbing penelitian, melalui tanya jawab maupun asistensi, serta buku-buku jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya tulis Tugas Akhir Penelitian ini.
- Bukan merupakan duplikasi yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas/Perguruan Tinggi lain, kecuali pada bagian-bagian tertentu digunakan referensi pendukung untuk melengkapi informasi dan sumber informasi dengan dicantumkan melalui referensi yang semestinya.
- Bukan merupakan karya tulis terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya Tugas Akhir Penelitian kami.

Jakarta,.....2018

Yang Membuat Pernyataan

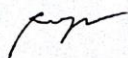
Muhammad Fachmi Maulana

**LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN**  
**TUGAS AKHIR PENELITIAN**

Nama : Muhammad Fachmi Maulana  
 NIM : 1513057  
 Judul TA Penelitian : "Pengaruh Penambahan *Impact Modifier* terhadap Kekuatan Impak, Kekuatan Tarik, dan Kelenturan pada Polipropilena"  
 Pembimbing : Ir. Parulian Leonard Marpaung, MM.

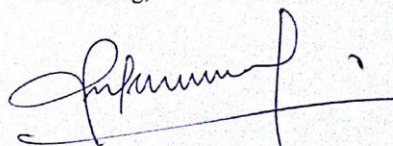
Tanggal	BAB	Keterangan	Paraf
1) 18 Mei 2018	Bab 1 - bab 3	Pengajuan dan revisi proposal penelitian	<i>Rio</i>
2) 21 Mei 2018	ACC proposal	Pengumpulan revisi laporan	<i>Rio</i>
3) 07 Juni 2018	Bab 1 - bab 2	Revisi latar belakang dan Landasan teori	<i>Rio</i>
4) 21 Juni 2018	Bab 2 - bab 3	Revisi bab 2 dan lanjut teori	<i>Rio</i>
5) 22 Juni 2018	Diskusi pengujian FTIR	Diskusi mengenai pengujian FTIR	<i>Rio</i>
6) 25 Juni 2018	pengujian FTIR	Pelaksanaan pengujian FTIR di Lab kampus dan pembosen hasil pengujian.	<i>Rio</i>
7) 18 Juli 2018	Bab 4-5	mengerahkan revisi bab 4-5	<i>Rio</i>
8) 19 Juli 2018	Presentasi	Presentasi penelitian	<i>Rio</i>
9) 20 Juli 2018	Bab 5	Memperbaiki kesimpulan & saran	<i>Rio</i>
10) 23 Juli 2018	Latihan presentasi seminar	melakukan latihan presentasi seminar.	<i>Rio</i>

Mengetahui  
 Ketua Program Studi Teknik Kimia  
 Polimer



**Ir. Roosmariharso, MBA**  
 NIP. 195405231980031004











Pembimbing,



**Ir. P. Leonard Marpaung, MM.**  
 NIP. 195702141985031002

**LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN**  
**TUGAS AKHIR PENELITIAN**

Nama : Shela Dentia Resti  
 NIM : 1514034  
 Judul TA Penelitian : "Pengaruh Penambahan *Impact Modifier* terhadap Kekuatan Impak, Tarik, dan Kelenturan pada Polipropilena"  
 Pembimbing : Ir. Parulian Leonard Marpaung, MM.

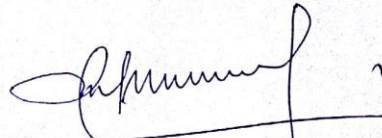
Tanggal	BAB	Keterangan	Paraf
1.) 18 Mei 2018	Bab I - Bab 3	- Pengajuan dan revisi proposal penelitian	
2.) 21 Mei 2018	Acc proposal	- Pengumpulan revisi laporan	- 
3.) 07 Juni 2018	Bab 1 - Bab 2	- Revisi latar belakang dan landasan teori	
4.) 21 Juni 2018	Bab 2 - Bab 3	- Revisi bab 2 dan lanjut teori	- 
5.) 22 Juni 2018	Diskusi pengujian FTIR	- Diskusi mengenai pengujian sampel impact modifier merek A, merek B, dan polipropilena 34 flake.	
6.) 25 Juni 2018	Pengujian FTIR	- Pelaksanaan pengujian FTIR di lab kampus dan dilakukan pembahasan hasil pengujian	- 
7.) 18 Juli 2018	Bab 4 - Bab 5	- Menyerahkan hasil revisi bab 4-5	
8.) 19 Juli 2018	Latihan presentasi	- Presentasi penelitian untuk latihan seminar	- 
9.) 20 Juli 2018	Bab 5	Memperbaiki kesimpulan dan saran	
10.) 23 Juli 2018	Latihan presentasi Seminar yang sudah direvisi PPT-nya	- Melakukan latihan presentasi seminar	- 

Mengetahui  
 Ketua Program Studi Teknik Kimia  
 Polimer



**Ir. Roosmariharso, MBA**  
 NIP. 195405231980031004

Pembimbing,



**Ir. P. Leonard Marpaung, MM.**  
 NIP. 195702141985031002

# SURAT PENGAJUAN TUGAS AKHIR PENELITIAN



## POLITEKNIK STMI JAKARTA

d.h. SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INDUSTRI

Jl. Letjen Suprpto No. 26 Cempaka Putih, Jakarta 10510

Telp: ( 021 ) 42886064 Fax: ( 021 ) 42888206

www.stmi.ac.id



Nomor : 029 /SJ-IND.7.2/II/2018  
Lampiran :  
Perihal : **Permohonan Penelitian**

Jakarta, 02 Februari 2018

Kepada  
Yth. Bapak/Ibu Pimpinan  
PT. Polytama Propindo  
JL. Raya Juntinyuat KM 13 Desa Limbangun  
, Juntinyuat Indramayu

Dalam rangka menambah wawasan dan mengaplikasikan teori yang didapat Mahasiswa/i di Politeknik STMI Jakarta, Kementerian Perindustrian RI, dengan ini memohon bantuan Bapak/Ibu agar bersedia menerima mereka yang namanya tersebut di bawah ini untuk melakukan Penelitian di Perusahaan/Instansi yang Bapak/Ibu pimpin selama kurang lebih 6 (enam) bulan.

Adapun nama mahasiswa/i yang akan melakukan Penelitian adalah:

No.	Nama	NIM	Kompetensi yang diharapkan
1.	Muhammad Fachmi Maulana	1513057	Proses Produksi

Dalam pelaksanaannya kami mengharapkan bantuan bimbingan Bapak/Ibu agar mahasiswa/i kami dapat melakukannya dengan baik. Untuk selanjutnya kompetensi yang diperoleh dari hasil bimbingan Bapak/Ibu akan dipresentasikan dan mudah-mudahan dapat bermanfaat bagi perusahaan

Demikian atas bantuan dan kerjasama Bapak/Ibu, kami ucapkan terima kasih.



**Dr. Rizky Kramanandita, S.Kom. M.T**

NIP : 19740302 200212 1 001

**Tembusan:**

1. Direktur STMI;
2. Ka Prodi TKP;
3. Mahasiswa yang bersangkutan;
4. Pertinggal

# SURAT PENGAJUAN TUGAS AKHIR PENELITIAN



## POLITEKNIK STMI JAKARTA

d.h. SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INDUSTRI

Jl. Letjen Suprpto No. 26 Cempaka Putih, Jakarta 10510

Telp: ( 021 ) 42886064 Fax: ( 021 ) 42888206

www.stmi.ac.id



Nomor : 030/SJ-IND.7.2/II/2018  
Lampiran :  
Perihal : Permohonan Penelitian

Jakarta, 02 Februari 2018

Kepada  
Yth. Bapak/Ibu Pimpinan  
PT.Polytama Propindo  
JL. Raya Juntinyuat KM 13 Desa Limbangun  
, Juntinyuat Indramayu

Dalam rangka menambah wawasan dan mengaplikasikan teori yang didapat Mahasiswa/i di Politeknik STMI Jakarta, Kementerian Perindustrian RI, dengan ini memohon bantuan Bapak/Ibu agar bersedia menerima mereka yang namanya tersebut di bawah ini untuk melakukan Penelitian di Perusahaan/Instansi yang Bapak/Ibu pimpin selama kurang lebih 6 (enam) bulan.

Adapun nama mahasiswa/i yang akan melakukan Penelitian adalah:

No.	Nama	NIM	Kompetensi yang diharapkan
1.	Shela Dentia Resti	1514034	Proses Produksi

Dalam pelaksanaannya kami mengharapkan bantuan bimbingan Bapak/Ibu agar mahasiswa/i kami dapat melakukannya dengan baik. Untuk selanjutnya kompetensi yang diperoleh dari hasil bimbingan Bapak/Ibu akan dipresentasikan dan mudah-mudahan dapat bermanfaat bagi perusahaan

Demikian atas bantuan dan kerjasama Bapak/Ibu, kami ucapkan terima kasih.



**Dr. Ridzky Kramanandita, S.Kom, M.T**

NIP : 19740302 200212 1 001

**Tembusan:**

1. Direktur STMI;
2. Ka Prodi TKP;
3. Mahasiswa yang bersangkutan;
4. Peringgal

**POLITEKNIK STMI JAKARTA**  
**KEMENTRIAN PERINDUSTRIAN R.I.**  
**LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SEMINAR**  
**TUGAS AKHIR PENELITIAN**

JUDUL PENELITIAN:  
PENGARUH PENAMBAHAN *IMPACT MODIFIER* TERHADAP KEKUATAN  
IMPAK, TARIK, DAN KELENTURAN PADA POLIPROPILENA

DISUSUN OLEH :  
NAMA : MUHAMMAD FACHMI MAULANA  
SHELA DENTIA RESTI  
NIM : 1513057  
1514034  
PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Telah Diuji oleh Tim Penguji Seminar Tugas Akhir Penelitian Program Studi  
Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta pada Senin, 13 Agustus 2018.

Jakarta, Agustus 2018

Penguji I,



**Ir. Roosmariharso, MBA**

NIP. 195405231980031004

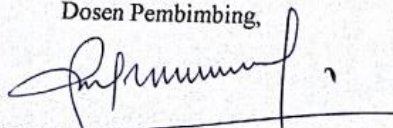
Penguji II,



**Ir. Rochmi Widjajanti, M.Eng.**

NIP. 195609101984032002

Dosen Pembimbing,



**Ir. P. Leonard Marpaung, MM.**

NIP. 195702141985031002

**POLITEKNIK STMI JAKARTA**  
**KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I.**  
**LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS**  
**AKHIR**

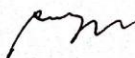
JUDUL PENELITIAN:  
PENGARUH PENAMBAHAN *IMPACT MODIFIER* TERHADAP KEKUATAN  
IMPAK, TARIK, DAN KELENTURAN PADA POLIPROPILENA

DISUSUN OLEH :  
NAMA : MUHAMMAD FACHMI MAULANA  
NIM : 1513057  
PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Telah diuji oleh Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Program Studi Teknik Kimia  
Polimer pada Politeknik STMI Jakarta pada Rabu, 05 September 2018.

Jakarta, September 2018

Ketua Penguji,



**Ir. Roosmariharso, MBA**  
NIP. 195405231980031004

Penguji II,



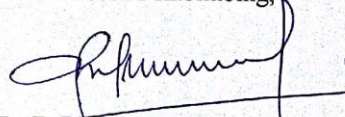
**Dr. Erfina Oktariani, S.T., M.T.**  
NIP. 198210012014022001

Penguji III,



**Syaiful Ahsan, S.T., M.T.**  
NIP. 198407162014021001

Dosen Pembimbing,



**Ir. P. Leonard Marpaung, MM.**  
NIP. 195702141985031002

**POLITEKNIK STMI JAKARTA**  
**KEMENTRIAN PERINDUSTRIAN R.I.**  
**LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS**  
**AKHIR**

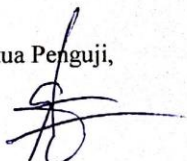
JUDUL PENELITIAN:  
PENGARUH PENAMBAHAN *IMPACT MODIFIER* TERHADAP KEKUATAN  
IMPAK, TARIK, DAN KELENTURAN PADA POLIPROPILENA

DISUSUN OLEH :  
NAMA : SHELA DENTIA RESTI  
NIM : 1514034  
PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Telah diuji oleh Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Program Studi Teknik Kimia  
Polimer pada Politeknik STMI Jakarta pada Rabu, 05 September 2018.

Jakarta, September 2018

Ketua Penguji,



**Dr. Erfina Oktariani, S.T., M.T.**

NIP. 198210012014022001

Penguji II,



**Ir. Roosmariharso, MBA**

NIP. 195405231980031004

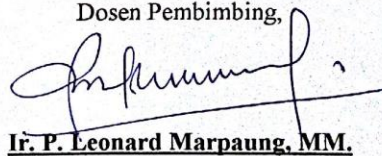
Penguji III,



**Syaiful Anshari, S.T., M.T.**

NIP. 198407162014021001

Dosen Pembimbing,



**Ir. P. Leonard Marpaung, MM.**

NIP. 195702141985031002

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, kami dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir Penelitian ini. Penulisan Laporan Tugas Akhir Penelitian ini dilakukan dan diajukan sebagai salah satu syarat akademik Program Studi Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta. Kami menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan hingga pada penyusunan Laporan Tugas Akhir Penelitian ini, sangatlah sulit bagi kami untuk menyelesaikan Laporan Tugas Akhir Penelitian ini. Oleh karena itu, kami mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT, atas berkat dan rahmat-Nya;
2. Kedua orang tua dan keluarga selaku pihak penulis yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moril;
3. Dr. Mustofa, S.T., M.T., selaku Direktur Politeknik STMI Jakarta;
4. Ir. Roosmariharso, MBA, selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta;
5. Fitria Ika Aryanti, S.T., M. Eng., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta
6. Ir. Parulian Leonard Marpaung, MM., selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir Penelitian ini;
7. PT Polytama Propindo sebagai sponsor bagi penelitian kami, yang telah memberi dukungan finansial dalam penelitian kami.
8. Fajar A.D. Budiono, yang telah memberikan kesempatan untuk bekerja sama dengan pihak PT Polytama Propindo dalam melakukan penelitian;
9. Tri Budiarto, dan Bapak Aditiatama Prasadha selaku pembimbing lapangan di kantor PT Polytama Propindo, Jakarta, yang telah memberikan arahan, dan saran dalam memperoleh ilmu yang bermanfaat;
10. Bapak Wawan, Bapak Pandita, dan Bapak Yusuf Hanafi selaku pembimbing lapangan di laboratorium *plant* PT Polytama Propindo, Indramayu, Jawa

Barat, yang bersedia memberikan bantuan dan arahan dalam memperoleh data yang diperlukan;

11. Bapak Jun dan Bapak Bagas selaku karyawan yang bertugas di laboratorium *molding*, instrumen, dan *chemical*, yang secara khusus telah membantu kami dan mengajari dalam mengoperasikan instrumen penelitian dan instrumen uji yang kami gunakan dalam penelitian;
12. Syaiful Ahsan, S.T., M.T. selaku kepala laboratorium dan Ida Nur Apriani, S.ST., M.Si, selaku asisten laboratorium yang membantu mengoperasikan alat FTIR di laboratorium Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta;
13. Sella Nawiyah dan Insan Faroka selaku teman satu tim dalam proyek penelitian di PT Polytama Propindo, yang selalu membantu, menyemangati, dan menemani dalam melakukan penelitian bersama;
14. Teman-teman jurusan Teknik Kimia Polimer angkatan 2014 yang memberi dukungan dan semangat kepada penulis
15. Teman-teman angkatan 2014 dan 2013 Politeknik STMI Jakarta;
16. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari masih terdapat kekurangan dan keterbatasan kemampuan dalam menyusun laporan ini, maka diharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun. Akhir kata, kami berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Laporan Tugas Akhir Penelitian ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Jakarta, Agustus 2018

Penulis

## ABSTRAK

Aplikasi polipropilena untuk pembuatan *cup* kemasan makanan dan minuman memiliki kekuatan impact yang relatif rendah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan impact, tarik dan kelenturan pada polipropilena. Variasi *impact modifier* digunakan untuk mencari formulasi terbaik. Proses ekstruksi dilakukan dengan alat ekstruder *single screw*, dengan penambahan aditif antioksidan, *anti acid* dan *impact modifier*. Variasi *impact modifier* yang digunakan adalah berdasarkan massa total PP, yaitu 0,5%, 1,0%, 1,5%, 2,0%, dan 2,5%. Kompon polipropilena kemudian diuji kekuatan impact metode izod, kekuatan tarik, dan kelenturan. Pengujian komposisi bahan *impact modifier* dilakukan dengan spektroskopi FTIR. Hasil pengujian FTIR menunjukkan bahwa *impact modifier* merek A diidentifikasi sebagai senyawa *Low Density Polyethylene* (LDPE), dan merek B senyawa etilena-propilena kopolimer. Hasil pengujian mekanis menunjukkan bahwa penambahan *impact modifier* memberikan pengaruh terhadap peningkatan kekuatan impact dimulai dari penggunaan variasi *impact modifier* 1,5% massa hingga 2,5% massa. Penambahan *impact modifier* terhadap uji kelenturan menunjukkan penurunan *flexural modulus* yang berarti komponen semakin bersifat lentur. Penambahan aditif *impact modifier* juga menyebabkan penurunan kekuatan tarik dan elongasi komponen, namun tidak signifikan.

**Kata kunci:** polipropilena homopolimer, *impact modifier*, kekuatan impact izod, kekuatan tarik, kelenturan.

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING PENELITIAN.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN.....	iv
LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN LAPORAN TUGAS AKHIR.....	vi
HALAMAN SURAT PENGAJUAN TUGAS AKHIR PENELITIAN .....	viii
KATA PENGANTAR .....	x
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SEMINAR TUGAS AKHIR.....	xii
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS AKHIR.....	xiii
ABSTRAK .....	xv
DAFTAR ISI.....	xvi
DAFTAR GAMBAR .....	xix
DAFTAR TABEL.....	xx
DAFTAR SIMBOL.....	xxi
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>7</b>
2.1 Sejarah Penelitian .....	7
2.2 Landasan Teori .....	9
2.2.1 Polimer .....	9
2.2.2 Polipropilena.....	10
2.2.2.1 Struktur Polipropilena .....	13
2.2.2.2 Sifat-sifat Polipropilena.....	14
2.2.3 Kompon Polipropilena.....	14

2.2.4	Zat Aditif .....	15
2.2.4.1	<i>Impact Modifier</i> .....	16
2.2.4.2	Antioksidan.....	16
2.2.4.3	<i>Anti acid (Acid Scavanger)</i> .....	17
2.2.5	Spektroskopi <i>Fourier Transform Infrared (FTIR)</i> .....	18
2.2.5.1	Vibrasi Molekul.....	19
2.2.5.2	Instrumentasi FTIR.....	22
2.2.5.3	Spektrum & Intepretasi Spektra Inframerah.....	23
2.2.6	Pemrosesan Polimer .....	24
2.2.6.1	Proses <i>Compounding</i> Polimer dengan Ekstrusi.....	25
2.2.6.2	Proses Pencetakan dengan <i>Injection Molding</i> .....	28
2.2.7	Pengujian Sifat Mekanis.....	29
2.2.7.1	Pengujian Kekuatan Impak ( <i>Impact Strength</i> ) .....	29
2.2.7.2	Pengujian Kekuatan Tarik ( <i>Tensile at Yield</i> ).....	30
2.2.7.3	Pengujian Kelenturan ( <i>Flexural Modulus</i> ).....	31
<b>BAB III</b>	<b>METODE PENELITIAN</b> .....	<b>33</b>
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian.....	33
3.2	Alat dan Bahan .....	33
3.2.1	Alat Penelitian .....	33
3.2.2	Bahan Penelitian.....	34
3.3	Variabel.....	34
3.3.1	Variabel Tetap .....	34
3.3.2	Variabel Bebas .....	35
3.4	Prosedur Penelitian .....	37
3.4.1	Persiapan Bahan Baku.....	39
3.4.2	Proses Ekstrusi Kompon .....	39
3.4.3	Pembuatan Spesimen dengan Injeksi .....	40
3.5	Tahap Pengujian .....	41
3.5.1	Uji Impak Izod .....	41
3.5.2	Uji Kekuatan Tarik dengan <i>Tensile at Yield</i> .....	42
3.5.3	Uji Kelenturan ( <i>Flexural Modulus</i> ).....	43

3.5.4 Pengujian Komposisi dengan FTIR .....	43
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>46</b>
4.1 Analisis Kualitatif <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR).....	46
4.2 Analisis Sifat Kekuatan Impak .....	50
4.3 Analisis Sifat kekuatan Tarik dengan <i>Tensile at Yield</i> .....	52
4.4 Analisis Sifat Kelenturan ( <i>Flexural Modulus</i> ) .....	55
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>58</b>
5.1 Kesimpulan .....	58
5.2 Saran .....	59
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>60</b>
<b>LAMPIRAN A .....</b>	<b>64</b>
<b>LAMPIRAN B .....</b>	<b>66</b>
<b>LAMPIRAN C.....</b>	<b>67</b>
<b>LAMPIRAN D.....</b>	<b>68</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	Perbedaan Struktur Termoplastik dan Termoset .....	9
<b>Gambar 2.2</b>	Struktur Molekul Polipropilena.....	10
<b>Gambar 2.3</b>	Struktur Kristal dan Amorf.....	11
<b>Gambar 2.4</b>	Struktur Kopolimer Random .....	12
<b>Gambar 2.5</b>	Kopolimer Blok Polipropilena .....	12
<b>Gambar 2.6</b>	Rumus Struktur Isotaktik, Sindiotaktik dan Ataktik .....	13
<b>Gambar 2.7</b>	Jenis-Jenis Vibrasi Molekul pada Spektroskopi FTIR .....	21
<b>Gambar 2.8</b>	Perbedaan Spektra Absorbansi dengan Persen Transmitan.....	23
<b>Gambar 2.9</b>	Peta Korelasi Penetapan Gugus Fungsi Spektra IR.....	24
<b>Gambar 2.10</b>	Produk Hasil Proses Ekstrusi.....	25
<b>Gambar 2.11</b>	Alat Ekstruder dan Bagian-Bagiannya .....	26
<b>Gambar 2.12</b>	Ekstruder Sekrup Tunggal.....	26
<b>Gambar 2.13</b>	Ekstruder Sekrup Ganda.....	27
<b>Gambar 2.14</b>	<i>Injection Molding</i> dan Bagian-Bagiannya.....	28
<b>Gambar 2.15</b>	Pengujian Impak <i>Charpy</i> dan <i>Izod</i> .....	29
<b>Gambar 2.16</b>	Skema Pengujian Kekuatan Lentur dan Kelenturan.....	32
<b>Gambar 3.1</b>	Diagram Alir Penelitian.....	38
<b>Gambar 4.1</b>	Spektrum Inframerah <i>Impact Modifier</i> Merek A.....	46
<b>Gambar 4.2</b>	Spektrum Inframerah <i>Low Density Polyethylene</i> .....	47
<b>Gambar 4.3</b>	Spektrum Inframerah <i>Impact Modifier</i> Merek B.....	48
<b>Gambar 4.4</b>	Spektrum Inframerah Etilena-Propilena Kopolimer .....	48
<b>Gambar 4.5</b>	Spektrum Inframerah Polipropilena 34 <i>Flake</i> .....	49
<b>Gambar 4.6</b>	Spektrum Inframerah Pencocokan PP 34 FL dangan PP Murni....	50
<b>Gambar 4.7</b>	Kekuatan Impak Kompon Polipropilena .....	52
<b>Gambar 4.8</b>	<i>Tensile at Yield</i> Kompon Polipropilena.....	55
<b>Gambar 4.9</b>	<i>Elongation at Yield</i> Kompon Polipropilena.....	55
<b>Gambar 4.10</b>	Modulus Lentur Kompon Polipropilena.....	57

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b>	Sifat Fisik dan Mekanik Polipropilena.....	14
<b>Tabel 2.2</b>	Absorpsi Inframerah dan Jenis Ikatannya .....	20
<b>Tabel 3.1</b>	Variasi Komposisi Kompon Polipropilena .....	36
<b>Tabel 4.1</b>	Hasil Uji Kekuatan Impak Polipropilena 34 <i>Flake</i> .....	50
<b>Tabel 4.2</b>	Hasil Uji Kekuatan Impak Kompon PP <i>Impact Modifier</i> Mrk A..	51
<b>Tabel 4.3</b>	Hasil Uji Kekuatan Impak Kompon PP <i>Impact Modifier</i> Mrk B..	51
<b>Tabel 4.4</b>	Hasil Uji Kekuatan Tarik Polipropilena 34 <i>Flake</i> .....	53
<b>Tabel 4.5</b>	Hasil Uji Kekuatan Tarik Kompon PP <i>Impact Modifier</i> Merek A	53
<b>Tabel 4.6</b>	Hasil Uji Kekuatan Tarik Kompon PP <i>Impact Modifier</i> Merek B	54
<b>Tabel 4.7</b>	Hasil Uji Kelenturan Polipropilena 34 <i>Flake</i> .....	56
<b>Tabel 4.8</b>	Hasil Uji Kelenturan Kompon PP <i>Impact Modifier</i> Merek A.....	56
<b>Tabel 4.9</b>	Hasil Uji Kelenturan Kompon PP <i>Impact Modifier</i> Merek B .....	56

## DAFTAR SIMBOL

A	= absorbansi (pada spektra inframerah)
%T	= persen transmitat
MOE	= modulus elastisitas (MPa, kg/cm)
UFS	= <i>Universal Flexural Strength</i> (kg/cm <sup>3</sup> , MPa)
P	= beban maksimum pematihan sampel (kg)
L	= jarak span (cm)
b	= lebar sampel (cm)
d	= tebal sampel (cm)
y	= jarak defleksi (cm)
A	= luas permukaan (mm <sup>2</sup> , cm <sup>2</sup> )
A <sub>0</sub>	= luas permukaan awal (mm <sup>2</sup> , cm <sup>2</sup> )
F <sub>Maks</sub>	= gaya yang dibebankan sampai spesimen putus (N)
δ	= defleksi lentur
σ	= kuat tarik (N/m <sup>2</sup> , MPa)

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan plastik sebagai kemasan belakangan ini sangat berkembang, hal ini sejalan dengan mengikuti pertumbuhan industri makanan dan minuman. Berdasarkan survei dari GAPMMI (Gabungan Perusahaan Makanan dan Minuman Seluruh Indonesia), memperkirakan bahwa pertumbuhan industri makanan dan minuman pada tahun 2018 mencapai 10% tanpa mempertimbangkan kenaikan harga kemasan, maka dari pertumbuhan tersebut, diikuti pula dengan pertumbuhan penggunaan plastik sebagai kemasan.

Dikutip dari Warta Ekspor majalah yang dikeluarkan oleh Kementerian Perdagangan R.I. edisi 31 Mei 2016, kemasan makanan diperkirakan akan meningkat sebesar 3,3% per tahun pada periode 2012 - 2018, sedangkan untuk kemasan minuman sekitar 3,4% per tahun.

Umumnya plastik yang sering digunakan oleh industri sebagai kemasan dan masyarakat secara luas adalah plastik jenis polipropilena (PP). Polipropilena sering dijumpai pada penggunaan *cup* minuman dalam kemasan. Polipropilena dipilih sebagai kemasan karena memiliki sifat mekanis yang baik dengan massa jenis yang rendah, ketahanan panas dan kelembaban, serta memiliki kestabilan dimensi yang baik (Nazif, 2016).

Polipropilena konvensional dihasilkan dari penguraian petroleum (nafta) dengan cara polimerisasi gas propilena dengan kemurnian tinggi yang dikendalikan dari *cracking* aliran gas di dalam kilang olefin dan kilang minyak (Darojat, 2008).

Kemasan polipropilena berbentuk *cup* sangat diminati oleh industri Air Minum Dalam Kemasan (AMDK), dan disusul oleh industri minuman teh, susu, dan kopi instan siap minum. Polipropilena yang biasa digunakan untuk membuat *cup* kemasan minuman adalah polipropilena *grade thermoforming* dan *grade injection* yang lebih stabil dalam suhu tinggi dan rendah.

Disamping segala keuntungan dan kelebihan polipropilena, kelemahan muncul pada penggunaannya sebagai *cup* kemasan minuman. Sifat polipropilena dipilih sebagai kemasan *cup* dikarenakan polipropilena memiliki sifat kaku, sehingga saat digunakan sebagai wadah air kemasan, bentuk *cup* tetap stabil. Namun, sifatnya yang terlalu kaku, menyebabkan resiko rusak (*break*) lebih besar jika material diberikan beban tiba-tiba. Hal tersebut terjadi, karena energi yang dibebankan pada material polipropilena tidak dapat diserap dengan baik.

Pada distribusi minuman kemasan, penumpukan dus-dus minuman tidak dapat dihindari, dari kegiatan tersebut kemungkinan besar kemasan *cup* dapat rusak karena benturan dan pembebanan yang terlalu besar. Untuk mengatasi hal-hal tersebut, dibutuhkan penggunaan material lain yang disebut bahan aditif sebagai material tambahan untuk memperbaiki sifat polipropilena dan meningkatkan sifat mekanis lain yang diperlukan.

Penggunaan bahan aditif untuk polipropilena dimaksudkan agar material polipropilena memiliki mutu yang baik sebagai material polimer dan lebih tahan terhadap pemecahan akibat tekanan (*stress-cracking*) walau pada temperatur tinggi (Gachter, 1990). Salah satu bahan aditif yang digunakan untuk meningkatkan sifat kekuatan benturan dan memperbaiki sifat getas polipropilena adalah *impact modifier*.

Kadar penggunaan yang dapat menghasilkan kekuatan impak maksimum dari *impact modifier* tiap merek dagang berbeda-beda. Hal tersebut yang akan kami teliti, yaitu dengan membandingkan pengaruh persentase massa aditif *impact modifier* dari dua merek yang berbeda yang diinisialkan merek A dan B. *Impact modifier* ditambahkan ke dalam kompon polipropilena dengan variasi tertentu dan dianalisa pengaruhnya terhadap kekuatan impak yang dihasilkan. Namun, tidak hanya memperhatikan kekuatan impak sebagai tolok ukur mutu material polipropilena, dalam penelitian ini diharapkan *impact modifier* tidak membuat sifat fisik dan mekanis lainnya berubah secara signifikan menjadi lebih rendah.

Pada penelitian ini, polipropilena akan ditambahkan *impact modifier* dan aditif lain seperti antioksidan dan *anti acid* kemudian dihomogenkan dengan ekstruder. Kompon yang sudah dicampur dengan variasi massa *impact modifier*

akan dibuat menjadi pelet, kemudian pelet dicetak dengan *injection molding* membentuk spesimen dan dilakukan pengujian mekanis yaitu uji kekuatan impact, kelenturan, dan kekuatan tarik. Selain itu dilakukan pengujian komposisi kimia menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR) untuk mengetahui komposisi kimia bahan dari *impact modifier* merek A dan B.

Dengan adanya penelitian ini, diharapkan dapat diperoleh persentase massa *impact modifier* terbaik dari variasi yang ada dan diantara dua merek *impact modifier* yang berbeda, untuk menghasilkan *cup* kemasan minuman dari polipropilena dengan kekuatan impact terbaik, tanpa menurunkan sifat mekanis lainnya secara keseluruhan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian latar belakang yang disampaikan, maka rumusan masalah yang akan diteliti adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penambahan *impact modifier* merek A dan B terhadap kekuatan impact kompon polipropilena?
2. Bagaimana pengaruh penambahan *impact modifier* merek A dan B terhadap kekuatan tarik kompon polipropilena?
3. Bagaimana pengaruh penambahan *impact modifier* merek A dan B terhadap kelenturan kompon polipropilena?

## **1.3 Batasan Masalah**

Dalam melakukan penelitian, ditetapkan batasan masalah agar penelitian bersifat spesifik dan terarah. Batasan masalah yang ditetapkan adalah:

1. Bahan baku polipropilena yang digunakan berjenis homopolimer *grade 34 flake* dengan *melt flow index* (MFI) rata-rata 5,4 g/10 min.
2. Variasi persentase massa *impact modifier* yang digunakan untuk masing-masing merek berdasarkan massa total PP 0,5%; 1,0%; 1,5%; 2,0%; dan 2,5%.
3. Pengujian mekanik yang dilakukan adalah pengujian kekuatan impact (*impact strength*), kekuatan tarik (*tensile at yield*), dan kelenturan (*flexural modulus*).

4. Pengujian kekuatan tarik dan kelenturan menggunakan *Universal Tensile Machine* (UTM) Instron 5565.
5. Pengujian kekuatan impak menggunakan metode *impact izod* dengan alat Tinius Olsen model 892 *impact display*
6. Pengujian komposisi kimia bahan aditif *impact modifier* menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR) Nicolet iS10 dengan mode *Attenuated Total Reflection* (ATR).

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

1. Mengetahui pengaruh penambahan *impact modifier* merek A dan B terhadap kekuatan impak kompon polipropilena.
2. Mengetahui pengaruh penambahan *impact modifier* merek A dan B terhadap kekuatan tarik kompon polipropilena.
3. Mengetahui pengaruh variasi persentase massa *impact modifier* merek A dan B terhadap kelenturan kompon polipropilena.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat penelitian yang dapat diperoleh adalah sebagai berikut:

1. Menambah pengetahuan dan wawasan ilmiah dalam bidang teknik kimia dengan material polimer sebagai bahan penelitian.
2. Pengembangan kualitas produk plastik kemasan minuman untuk aplikasi *thermoforming* di PT Polytama Propindo.

#### **1.6 Sistematika Penulisan**

Untuk mempermudah pembahasan permasalahan dalam penelitian, maka dibuat sistematika penulisan yang sudah ditetapkan, yang terdiri dari 5 (lima) bab, dimana satu dan lainnya saling berkesinambungan, yaitu:

### **BAB I : PENDAHULUAN**

Bab ini berisikan latar belakang masalah, yang memuat uraian informasi sehubungan dengan alasan pemilihan masalah dalam penelitian. Awal permasalahan diuraikan secara umum, yaitu dalam kerangka pemikiran yang luas

menuju permasalahan yang lebih spesifik dan terpusat pada pokok permasalahan yang akan diteliti.

Rumusan Masalah memuat ungkapan atau kalimat-kalimat yang memberikan formulasi-formulasi yang tegas terhadap pokok-pokok persoalan yang akan diteliti, dan jelas batasannya. Batasan Masalah memuat asumsi-asumsi yang digunakan dan menegaskan bagian masalah yang akan dipecahkan (diteliti), sesuai dengan rumusan masalah yang dibuat. Tujuan Penelitian berisi hal-hal yang akan dicapai dalam penelitian.

Manfaat Penelitian memuat uraian kegunaan penelitian dan sumbangan yang akan diberikan sehubungan dengan penelitian tersebut. Uraian dari kegunaan penelitian ini dapat dipergunakan sebagai saran atau rekomendasi pada pihak lain, atau mungkin untuk pengembangan penelitian lebih lanjut (Buku Pedoman Tugas Akhir Penelitian Program Studi TKP Politeknik STMI, 2016).

## **BAB II : TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini terdiri dari dua bagian. Bagian pertama berisi tinjauan pustaka berkaitan dengan hasil-hasil penelitian sebelumnya yang relevan dengan permasalahan yang diteliti, prosedur dan hasil-hasil penelitian yang telah dicapai, sekaligus dimaksudkan untuk menghindari adanya duplikasi penelitian. Bagian kedua berisi landasan teori yang dapat bersifat kualitatif maupun kuantitatif yang mengandung persamaan-persamaan matematik, rumus ataupun hukum-hukum fisika dan kimia, diagram, bagan alir dan sebagainya yang kesemuanya terhimpun dalam suatu metode untuk mendukung pemecahan masalah penelitian (Buku Pedoman Tugas Akhir Penelitian Program Studi TKP Politeknik STMI, 2016).

## **BAB III : METODE PENELITIAN**

Bab ini berisi uraian tentang waktu dan tempat penelitian, materi penelitian, yaitu menyangkut persiapan penelitian, bahan baku dan alat yang digunakan, prosedur pelaksanaan penelitian (penetapan variabel, metode atau cara penelitian, respon/pengamatan, sampai dengan cara pengambilan sampel (*sampling*) dan bagan alir penelitian). Bagian akhir bab ini menjelaskan cara pengambilan atau pengujian yang dilakukan sampai dengan perolehan sampel data dan cara

pengolahan (analisis) data (Buku Pedoman Tugas Akhir Penelitian Program Studi TKP Politeknik STMI, 2016).

#### **BAB IV : HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisi empat bagian. Bagian pertama memuat data hasil pengujian impact, bagian kedua memuat hasil pengujian kekuatan tarik, bagian ketiga memuat hasil uji kelenturan. pengolahan ataupun analisis data yang dapat berbentuk tabel yang sudah diolah, grafik, persamaan atau model. Bagian keempat memuat pembahasan yaitu interpretasi atau penafsiran terhadap hasil pengujian atau analisis data. Pembahasan pada dasarnya dimaksudkan untuk memberi jawaban atas pertanyaan (Buku Pedoman Tugas Akhir Penelitian Program Studi TKP Politeknik STMI, 2016).

#### **BAB V : PENUTUP**

Bab ini berisi dua bagian, kesimpulan dan saran. Kesimpulan memuat pernyataan singkat dan tepat yang dijabarkan dari hasil penelitian dan pembahasan untuk membuktikan hipotesis atau menjawab permasalahan. Saran dibuat berdasarkan pengalaman dan pertimbangan penulis, ditujukan kepada para peneliti dalam bidang sejenis yang ingin melanjutkan, mengembangkan, atau menerapkan penelitian yang sudah dihasilkan (Buku Pedoman Tugas Akhir Penelitian Program Studi TKP Politeknik STMI, 2016).

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Sejarah Penelitian**

Jun dan Juwono (2010) melakukan penelitian tentang sifat mekanik polipropilena murni dengan daur ulang. Polipropilena yang digunakan adalah polipropilena homopolimer H135HO dan polipropilena komersial daur ulang. Dilakukan pengujian mekanis, yaitu uji tarik, uji kekerasan, uji FTIR, dan uji DSC. Secara umum, tidak ada perubahan yang signifikan pada modulus Young dan kuat tarik bahan PP murni, PP daur ulang 1, dan PP daur ulang 2, namun terdapat penurunan modulus Young dan kuat tarik masing-masing sebesar 8,1% dan 22,1% untuk PP daur ulang komersial. Terdapat perbedaan *strain-at-break* yang besar antara bahan PP murni dengan daur ulang, untuk PP daur ulang 1 menurun sebesar 13,3%, PP daur ulang 2 menurun sebesar 19,3%, dan PP daur ulang komersial menurun sebesar 65,7%. Nilai *strain-at-break* tertinggi yaitu pada material PP murni sebesar 30%, sedangkan nilai *strain-at-break* pada PP daur ulang komersial, yaitu 10%.

Pada penelitian yang dilakukan Borovanska, dkk pada 2012 mengenai kualitas campuran daur ulang dan modifikasi LDPE dan PP dengan penambahan *impact modifier* dari EPDM. Peneliti menggunakan dua jenis LDPE daur ulang dan dua jenis PP daur ulang, masing-masing bahan berasal dari limbah teknologi dan limbah domestik. Kemudian bahan yang diuji dibandingkan, yaitu pencampuran antara LDPE/PP saja (*binary*) dan LDPE/PP/EPDM (*ternary*) dengan variasi % EPDM sebesar 0%, 7%, 10%, dan 15%. Pengujian yang dikenakan kepada kompon dalam penelitian ini adalah uji pengujian DSC, X-Ray, SEM, pengujian inframerah dengan FTIR dan pengujian mekanik, yaitu pengujian impak *charpy*, dan *tensile strength*. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa efek dari penambahan *impact modifier* EPDM dapat meningkatkan kekuatan

impak dari kompon dengan hasil tertinggi diperoleh pada variasi LDPE/PP/15% EPDM, dan meningkatkan *elongation at break*, namun menurunkan modulus elastisitas dan terjadi penurunan kekuatan tarik yang tidak signifikan. Hal tersebut membuktikan bahwa sifat mekanik kompon berubah menjadi lebih elastis. Kekuatan tarik dari kompon tidak terjadi penurunan yang signifikan karena batas elastis dari kompon tersebut tidak dapat berubah dengan adanya EPDM, adesi antar fase yang terbentuk diantara senyawa LDPE/PP/EPDM tidak terjadi dengan baik. Pada *elongation at break* terjadi persebaran komponen yang baik sehingga mengalami kenaikan, terutama pada variasi LDPE/PP/15% EPDM. Dari pengujian FTIR diperoleh bahwa bahan LDPE dan PP yang digunakan tidaklah murni, melainkan terdapat senyawa poliolefin lain di dalamnya.

Sriyanto (2016) telah melakukan studi penelitian tentang sifat fisik dan mekanis polipropilena pada produk penutup spion sepeda motor merek A dan merek B. Pada penelitiannya didapat hasil dari pengujian mekanis yang meliputi pengujian kekuatan tarik, pengujian kekerasan, dan pengujian kekuatan impact. Pada pengujian kekuatan impact, diperoleh data nilai impact penutup spion polipropilena merek A rata-rata sebesar  $36,450 \text{ J/mm}^2$ , sedangkan pada penutup spion polipropilena merek B diperoleh nilai rata-rata sebesar  $34,349 \text{ J/mm}^2$ . Hal tersebut menunjukkan bahwa material polipropilena yang digunakan pada penutup spion merek A memiliki sifat yang lebih ulet (*ductility*) daripada merek B. Sedangkan material polipropilena pada penutup spion merek B memiliki sifat lebih getas (*brittle*) daripada merek A.

Hanidya, dkk (2016) melakukan penelitian karakterisasi sifat fisik dan mekanik material polimer *thermoplastic* dengan analisis FTIR dan *tensile test*. Diperoleh hasil bahwa polipropilena yang tergolong polimer termoplastik memiliki karakteristik panjang gelombang sebesar  $2.840,27 \text{ cm}^{-1}$ , selain itu terdapat lima buah puncak pada hasil uji FTIR yang merupakan karakteristik PP. Sampel polipropilena diuji dengan kekuatan tarik, dengan *tensile tester* yang sesuai dengan standar ASTM D 638-M dengan skala beban 1,0 ton dan 0,5 ton. Diperoleh data regangan polipropilena sebesar 25,1%, dan data kuat tarik sebesar

32,3 N/mm<sup>2</sup> dimana material tersebut tergolong memiliki sifat keuletan yang tinggi.

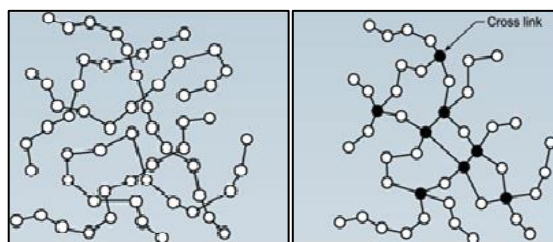
## 2.2 Landasan Teori

### 2.2.1 Polimer

Polimer merupakan suatu molekul besar yang terbentuk dari unit-unit berulang sederhana. Nama “*polymer*” berasal dari Bahasa Yunani yaitu “*poly*” berarti “banyak”, dan “*mer*” berarti “bagian”. Makromolekul merupakan istilah yang sinonim dengan polimer (Stevens, 2001).

Secara sifat termal dan mekanis, polimer dapat digolongkan menjadi tiga macam, yaitu:

1. Termoplastik, polimer yang akan melunak bila dipanaskan, dan setelah didinginkan dapat mengeras. Termoplastik disebut juga *plastic commodity* dan sering dipakai dalam bentuk barang yang bersifat pakai-buang (*disposable*), seperti lapisan pengemas (Stevens, 2001). Contoh polimer termoplastik adalah polipropilena (PP), polietilena (PE), polistirena (PS), poliamida (nilon), polivinil klorida (PVC), polietilena tereftalat (PET), plastik fleksiglas (akrilat), dan lain-lain.
2. Termoset (*thermosetting*), polimer yang hanya dapat dicetak sekali menjadi produk, tetap mengeras jika dipanaskan dan tidak dapat dicetak kembali seperti termoplastik. Termoset disebut juga *plastic engineering*, yang memiliki sifat mekanik yang unggul, dan daya tahan yang lebih baik (Stevens, 2001). Contoh polimer termoplastik adalah silikon, resin epoksi, bakelit, poliester, uretan, Akrlonitril Butadiena Stirena (ABS), dll.



(a) Termoplastik

(b) Termoset

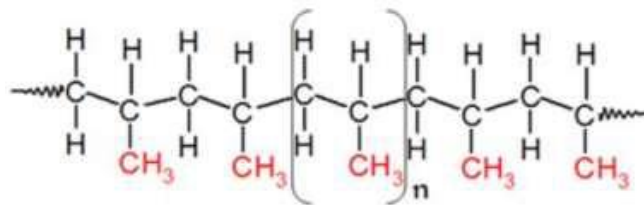
**Gambar 2.1** Perbedaan Struktur Termoplastik dan Termoset

Sumber: Supardi, 2011

3. Elastomer (karet), polimer yang dapat merenggang bila terkena beban dan dapat kembali menjadi bentuk semula. Elastomer memiliki daya ulur atau daya pegas yang baik. Contoh dari polimer elastomer adalah karet sintetis, dan karet alam.

### 2.2.2 Polipropilena

Polipropilena merupakan polimer hidrokarbon yang termasuk ke dalam polimer golongan termoplastik yang dapat diolah pada suhu tinggi. Polipropilena berasal dari monomer propilena yang diperoleh dari pemurnian minyak bumi (Sriyanto, 2016).



**Gambar 2.2** Struktur Molekul Polipropilena

Sumber: Maddah, 2016

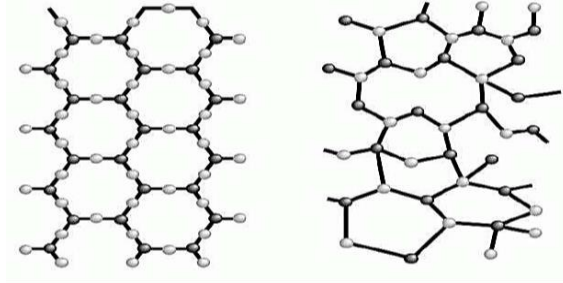
Proses terbentuknya polipropilena dahulunya diawali dari penemuan yang dilakukan Proffesor Natta pada tahun 1954. Polimerisasi dilakukan dengan sistem katalis *Ziegler-Natta* pada temperatur 70-80°C, tekanan 100 atm, dan katalis campuran *Titanium tetrachloride* (TiCl<sub>4</sub>) dan *Alumunium triethyl chloride* (Al(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>).

Kristalinitas merupakan sifat penting yang terdapat pada polimer. Kristalinitas adalah suatu ikatan rantai molekul yang menghasilkan susunan molekul lebih teratur. Dapat dikatakan, bahwa kristalinitas merupakan susunan keberaturan ikatan antar molekul material, yaitu polimer.

Terdapat dua fasa pada kristalinitas polimer, yaitu fasa kristalin dan fasa amorf. Fasa kristalin adalah fasa yang memiliki susunan teratur dan rapat, sedangkan fasa amorf adalah fasa yaang susunan molekulnya tidak teratur (*random*) dan tidak jelas susunan renggang dan rapatnya.

Pada polimer polipropilena, rantai polimer yang terbentuk dapat tersusun membentuk daerah kristalin dan bagian lain membentuk daerah amorf (Cowl

MA, 1991). Sehingga polipropilena digolongkan sebagai polimer semikristalin. Fasa kristalin dan amorf tersebar sembarang di permukaan polipropilena.



**Gambar 2.3** Struktur Kristal (kiri) dan Amorf (kanan)

Sumber: (Cowd, 1991)

Kristalinitas dapat mempengaruhi sifat fisik dan mekanik polipropilena. Kenaikan derajat kristalinitas dapat meningkatkan sifat kekuatan tarik dan kekakuan, tetapi dapat menurunkan angka ketangguhan dan kejernihan polimer.

Pada polipropilena, terdapat kelompok gugus metil ( $-\text{CH}_3$ ) yang menyebabkan terjadinya sedikit kekakuan rantai dan dapat mengganggu kesimetrisan molekulnya. Hal tersebut menyebabkan polipropilena mengalami kenaikan temperatur *glass* ( $T_g$ ), kekakuan yang lebih besar, dan temperatur titik leleh atau *melting point temperatur* ( $T_m$ ) mencapai  $170^\circ\text{C}$ . Namun kehadiran dari ikatan tersier di rantai utama, mengakibatkan tingginya sensitivitas polipropilena, sehingga lemah terhadap reaksi oksidasi, paparan lingkungan, dan pada temperatur tinggi (Darajat, 2008).

Pada pembuatan polipropilena, terdapat tiga produk jenis polipropilena yang dihasilkan, yaitu homopolimer, kopolimer, dan kopolimer impak. Masing-masing terbentuk dari proses yang berbeda, sehingga memiliki sifat yang berbeda pula.

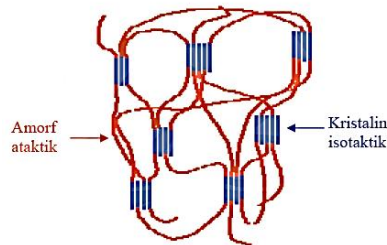
#### 1. Homopolimer

Homopolimer, dari kata “homo” yang berarti “sama”, dapat diartikan bahwa polimer jenis ini memiliki monomer penyusun yang sama, yaitu hanya propilena. Karena memiliki hanya satu monomer, maka sifat dari homopolimer PP tidak mengalami modifikasi. Homopolimer PP bersifat kaku, dan tangguh, tetapi daya tahan terhadap beban impaknya rendah pada temperatur yang rendah.

#### 2. Kopolimer (*Comonomer*) Random

Kopolimer random terbentuk dari penambahan komonomer (“co” artinya bersama) pada rantai utama polipropilena. Komonomer bersubstitusi dengan propilena saat proses pertumbuhan rantai polimer. Substitusi yang terjadi adalah secara acak, sehingga komonomer tersebar sepanjang rantai polimer.

Kopolimer random memiliki sifat yang lebih elastis dibanding homopolimer, karena struktur molekul dari kopolimer adalah amorf, akibat adanya struktur molekul dari dua jenis monomer berbeda yang bersatu. Kopolimer random memiliki temperatur transisi gelas yang lebih rendah daripada homopolimer. Selain itu, kopolimer random meningkatkan ketahanan beban impact polipropilena pada temperatur rendah.



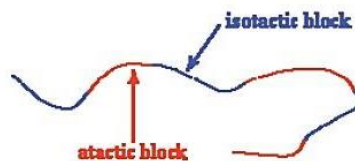
**Gambar 2.4** Struktur Kopolimer Random

Sumber: Darojat, 2008

### 3. Kopolimer Impact

Kopolimer impact (kopolimer blok), terbentuk dari penambahan karet etilena-propilena (*ethylene-propylene rubber/EPR*), monomer etilena-propilena diena (*ethylene-propylene diene monomer/EPDM*), polietilena, atau plastomer yang ditambahkan pada homopolimer atau kopolimer random.

Proses pembentukan kopolimer impact dapat terbentuk dari kopolimer blok yang diberi katalis metalosena, sehingga komonomer dapat tersubstitusi secara merata, menghasilkan kopolimer yang memiliki karakteristik plastis dan elastis yang berasal dari pembentukan blok isotaktik dan blok ataktik.



**Gambar 2.5** Kopolimer Blok Polipropilena

Sumber: Darojat, 2008

Morfologi dan kristalinitas dari kopolimer impact tergantung pada komposisi kimia, jumlah dari fase elastomer yang ditambahkan, persebaran berat molekul dan viskositas relatif antara homopolimer dengan kopolimer impact. Kopolimer impact memiliki karakteristik ketahanan terhadap beban impact dan ketangguhan yang tinggi terutama pada temperatur rendah (Maier & Calafut, 1998).

### 2.2.2.1 Struktur Polipropilena

Struktur polipropilena dapat dibedakan menjadi tiga macam berdasarkan letak gugus metilnya, sebagai berikut:

#### 1. Isotaktik Polipropilena

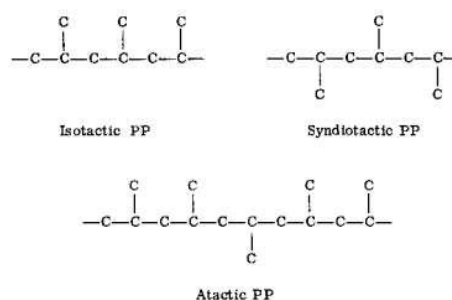
Seluruh gugus metilnya terletak teratur pada sisi yang sama, yaitu sejajar dengan rantai karbon. Struktur gugus isotaktik merupakan bentuk yang paling sederhana, memiliki sifat kaku karena kristalinitasnya tinggi, dan titik lebur yang tinggi pula. Karena keteraturan gugus metil ini, membuat isotaktik PP dapat dihasilkan sebagai produk yang tahan panas dan kuat, dengan sifat-sifat kekuatan tarik, modulus, dan kekerasan yang tinggi.

#### 2. Sindiotaktik Polipropilena

Pada sindiotaktik polipropilena, gugus metil terletak selang seling pada sisi gugus karbon. Hal ini menyebabkan terjadinya peningkatan sifat fleksibilitas dibandingkan dengan isotaktik PP.

#### 3. Ataktik Polipropilena

Pada ataktik polipropilena, gugus metil terletak acak, hal ini bertolak belakang dengan isotaktik polipropilena, sehingga sifat ataktik berkebalikan dengan isotaktik. Ataktik memiliki kristalinitas yang rendah dan bersifat amorf sehingga memiliki sifat yang lentur dan jernih.



**Gambar 2.6** Rumus Struktur Isotaktik, Sindiotaktik dan Ataktik

Sumber: Carraher, 2003

### 2.2.2.2 Sifat-sifat Polipropilena

Polipropilena mempunyai konduktivitas panas yang rendah (0,12 W/m), tegangan permukaan yang rendah, kekuatan benturan yang tinggi, tahan terhadap pelarut organik, bahan kimia anorganik, uap air, asam dan basa, bersifat isolator tetapi dapat dirusak oleh asam nitrat pekat, mudah terbakar dengan nyala yang lambat. Titik leleh 170°C dan suhu dekomposisi 380°C (Cowd, 1991).

Suhu kamar polipropilena nyaris tidak larut dalam toluena, namun dapat larut dalam silena dengan pemanasan, dan polipropilena dapat terdegradasi oleh zat pengoksidasi seperti asam nitrat dan hidrogen peroksida (Al-Malaika, 1983).

Polipropilena memiliki sifat-sifat dasar, meliputi sifat fisik dan mekanik yang akan disajikan dalam tabel sebagai berikut:

**Tabel 2.1** Sifat Fisik dan Mekanik Polipropilena

Sifat	Satuan	Uji ASTM	Nilai
MFI	g/10 min	D 1238	0,4 – 38,0
Temperatur leleh	°C	-	160 – 175
Temperatur proses	-	-	190 – 288 (injeksi) 204 – 260 (ekstrusi)
<i>Tensile at break</i>	Psi	D 638	4500 – 6000
<i>Elongation at break</i>	%	D 638	100 – 600
<i>Tensile yield strength</i>	Psi	D 638	4500 – 5400
<i>Hardness, Rockwell</i>		D 785	R80 – R102
<i>Specific gravity</i>	gr/cm <sup>3</sup>	D 792	0,90 – 0,92
Kekilapan film	%	D 2457	75
Keburaman	%	D 1003	3
Kemampuan absorpsi air (24 jam)	%	D 570	< 0,01 – 0,03
Ketahanan kimia	Tahan terhadap kebanyakan asam, alkali, dan larutan saline, bahkan pada temperatur yang tinggi. Tahan terhadap pelarut alifatik. Diatas temperatur 95 °C dapat larut pada senyawa aromatik, toluena, dan xilena, serta hidrokarbon klorin.		
Metode proses	Ekstrusi, <i>injection molding</i> , <i>rotational molding</i> , <i>thermoforming</i> , <i>blow molding</i> .		

Sumber: Darojat, 2008

### 2.2.3 Kompon Polimer

Kompon adalah suatu bahan polimer yang dicampur dengan bahan baku penunjang atau bahan aditif lainnya. Jika dipanaskan dengan temperatur dan waktu yang sesuai akan berubah menjadi produk yang bersifat permanen.

Kompon dapat dibuat sesuai dengan formulasi yang dibutuhkan dengan berbagai pilihan aditif yang digunakan sesuai dengan kriteria produk yang dibutuhkan.

Pembuatan kompon merupakan tahap awal dari produksi material jadi. Pembuatan kompon dilakukan dengan cara pencampuran bahan mentah dengan bahan kimia sesuai dengan formulasi yang dibutuhkan didalam mesin pencampur. Pembentukan kompon dilakukan didalam mesin pembentuk setelah sebelumnya dilunakkan dengan pemanasan. Mesin pembentuk kompon bisa disebut dengan *compounder*, *compounder* mampu melunakkan kompon dengan cara mendorong dan memanaskannya di dalam silinder dan kemudian dibentuk dalam tempat cetakan.

#### **2.2.4 Zat Aditif**

Sebagian besar plastik dan polimer tidak dapat digunakan secara langsung, apalagi secara komoditi karena banyak bahan polimer yang sifat-sifatnya harus ditingkatkan dahulu agar dapat berfungsi secara baik dan tepat guna. Banyak juga jenis polimer yang dalam proses pengolahannya tidak mudah, dan memakan banyak biaya dan waktu, sehingga harus ditambahkan zat lain yaitu zat aditif.

Zat aditif adalah zat suatu bahan yang ditambahkan ke dalam suatu bahan, yaitu bahan polimer dengan tujuan untuk meningkatkan sifat tertentu dari suatu produk agar sesuai dengan yang diinginkan, atau untuk tujuan meningkatkan kemampuan pemrosesan. Secara fungsi, zat aditif pada polimer dapat dibagi menjadi beberapa macam, yaitu *modifiers*, *property improvement agents*, dan *processing agent*.

*Modifiers* berfungsi untuk memodifikasi sifat-sifat yang belum ada atau sangat minim pada suatu polimer agar sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan, contoh dari aditif *modifiers* adalah *impact modifiers*, *nucleation agents*, *plasticizers*, *foaming agent*, *cross-linking agents*, dan lain-lain.

*Property improvement agents* berfungsi untuk meningkatkan sifat-sifat tertentu yang sebelumnya sudah ada pada polimer, namun sifat-sifat tersebut dirasa kurang baik. Peningkatan sifat tertentu pada polimer dapat meningkatkan mutu dari material produk yang dihasilkan. Contoh dari *property improvement*

*agents* adalah *flame retardants*, bahan antioksidan, *antistatic agents*, *light stabilizer*, *UV stabilizer*, *chemical stabilizer*, *heat stabilizer*, dan lain-lain.

*Processing agent* berfungsi untuk mempermudah proses pembuatan polimer dari bahan baku hingga menjadi produk jadi. Contoh dari *processing agent* adalah *mould release agent*, *anti blocking agent*, *slip agent*, *lubricant*, dan lain-lain.

#### **2.2.4.1 Impact Modifier**

*Impact modifier* merupakan bahan aditif yang digunakan untuk meningkatkan kekuatan bentur atau kekuatan impak pada suatu material polimer. Kekuatan ketahanan benturan dapat disebut juga nilai ketangguhan. Nilai ketangguhan polimer dapat ditingkatkan dengan penambahan bahan aditif yang bertujuan untuk meningkatkan duktilitas matriks polimer dan meningkatkan interaksi antar muka dan/atau antar fasa matriks (Oksman, dan Clemons, 1997).

Bahan yang umum digunakan sebagai *impact modifier* adalah *ethylene/propylene thermoplastic elastomer* (TPO), *styrene-butadiene-styrene rubber* (SBR), *styrene-ethylene/butylene-styrene* (SEBS), *acrylonitrile butadiene rubber* (ABR), dan *ethylene vinylacetate* (EVA) (Oksman, dan Clemons, 1997).

Pemakaian senyawa elastomer mempengaruhi impak, rasio viskositas polimer-elastomer, serta kompatibilitas antar fasa. Secara umum bahan elastomer berfungsi sebagai pemusat konsentrasi (*stress concentrator*), dan mencegah terjadinya perpatahan katastrofik lebih lanjut (Masruchin, N., 2012). Pemakaian bahan aditif *impact modifier* perlu dilakukan variasi, agar tidak berdampak pada nilai modulus polimer yang akan menurun, selain itu penggunaan aditif diusahakan minimal, guna meminimalisir faktor biaya pembelian aditif.

#### **2.2.4.2 Antioksidan**

Selama proses produksi polimer dari pelet hingga menjadi produk jadi, polimer mengalami beberapa langkah proses, yaitu ekstrusi polimer, dan proses pemanasan lainnya. Setiap langkah pengolahan dapat menyebabkan polimer mengalami degradasi akibat dari gabungan, tegangan geser (*shear stress*), panas, dan reaksi oksigen.

Stabilisator dari proses yang sering digunakan adalah antioksidan yang dimasukkan ke dalam polimer dalam proses ekstrusi untuk mencegah kerusakan selama pemrosesan. Degradasi termal-oksidatif terjadi karena mekanisme radikal bebas yang menyebabkan berbagai reaksi oksidatif, sehingga polimer mengalami penurunan berat molekul karena terputusnya rantai polimer, atau peningkatan berat molekul akibat reaksi rekombinasi.

Tanda-tanda yang dapat terlihat apabila polimer telah teroksidasi adalah polimer menjadi rapuh, kecepatan alir polimer tidak stabil dan cenderung menjadi lebih tinggi, sifat mekaniknya berkurang, terjadinya retak-retak pada permukaan polimer, dan terjadi perubahan warna.

Bahan aditif antioksidan memiliki fungsi utama untuk mencegah dan mengurangi proses oksidasi pada polimer. Selain untuk mencegah proses oksidasi, antioksidan memiliki fungsi untuk mengakhiri reaksi rantai radikal, dan dapat menghilangkan logam berat seperti BHT (2,6-ditributil p-kresol), Naftil amina (PA), Dilauril tio-dipropionat (TLP, DLTPD), 2,2-metil-bis (4-metil-6-t-butilfenol), dan lain-lain.

#### **2.2.4.3 Anti Acid (Acid Scavenger)**

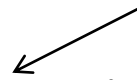
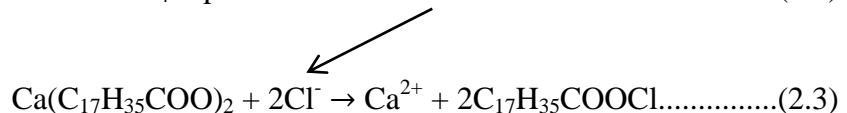
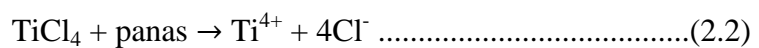
Aditif *anti acid* atau anti asam yang digunakan adalah kalsium stearat. Polimerisasi polipropilena dengan katalis Ziegler-Natta menghasilkan sisa katalis titanium tetraklorida (TiCl<sub>4</sub>). TiCl<sub>4</sub> ini mengandung ion Ti<sup>4+</sup> yang bersifat asam, dan ion Cl<sup>-</sup> yang bersifat korosif. Ion Ti<sup>4+</sup> menyebabkan uap air terhidrolisis pada udara, sehingga membentuk ion H<sup>+</sup> (Syarif, 2008).



Untuk menangani hal tersebut, diperlukan senyawa penangkap asam untuk menetralkan asam yang terbentuk dari proses polimerisasi polipropilena, agar rantai polipropilena tidak terdegradasi, dan tidak juga merusak peralatan proses yang digunakan, karena ion Cl<sup>-</sup> yang bersifat korosif (Syarif, 2008). Kalsium stearat bekerja dengan cara menangkap ion H<sup>+</sup> yang dihasilkan dari titanium tetraklorida, dengan begitu kondisi asam dapat ternetralisir.

Kalsium stearat memiliki fungsi lain selain sebagai *anti acid*, yaitu sebagai bahan pengisi untuk meningkatkan *bulk* atau kepadatan dari polimer, meningkatkan kekuatan, dan ketangguhan polimer. Secara sifat termal, kalsium stearat berfungsi untuk menstabilkan panas, sehingga mencegah terjadinya degradasi termal pada polimer (Syarif, 2008).

Degradasi termal dapat terjadi selain saat proses pembuatan, tetapi selama masa hidup pemakaian produk jadi. Fungsi dari kalsium stearat sebagai penstabil panas dalam polipropilena adalah, untuk mencegah pelepasan klor dari residu reaksi katalis yang masih aktif berupa logam  $TiCl_4$ , yang jika terkena panas akan merusak rantai polimer, sehingga kalsium stearat berfungsi untuk melakukan dehidroklorinasi (Syarif, 2008).



### 2.2.5 Spektroskopi *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

Spektroskopi *Fourier Transform Infrared* adalah suatu teknik pengukuran spektrum berdasarkan respon bahan terhadap radiasi elektromagnetik. Fungsi dari FTIR adalah untuk melakukan pengukuran analisis kualitatif dan kuantitatif suatu senyawa organik, dan dapat pula digunakan untuk penentuan struktur molekul senyawa anorganik (Steven, 2001).

Pada dasarnya, teknik spektroskopi sama dengan spektroskopi inframerah biasa, namun dilengkapi dengan cara perhitungan “*Fourier transform*” dan pengolahan data untuk mendapatkan resolusi dan kepekaan analisa yang lebih tinggi. Teknik spektroskopi FTIR pertama kali didemonstrasikan oleh peneliti bernama Cooley dan Turkey pada tahun 1965. Spektroskopi FTIR dilakukan dengan penambahan alat interferometer yang ditemukan oleh Michelson pada abad ke 19 akhir. Michelson telah mendapat informasi spektrum dari suatu berkas radiasi, dengan mengamati interferogram yang diperoleh dari alat ciptaannya.

Pengukuran menggunakan FTIR memiliki beberapa kelebihan, diantaranya dapat mendeteksi sinyal yang lemah, dapat menganalisis sampel pada konsentrasi

yang sangat rendah, serta dapat mempelajari daerah antara  $950 - 1500 \text{ cm}^{-1}$  untuk larutan senyawa (Rabek, 1980).

Gugus fungsi suatu senyawa dapat diidentifikasi melalui puncak (*peak*) serapan sinar yang spesifik pada bilangan dan gelombang tertentu. Pada umumnya sampel yang dapat dianalisis adalah berupa padatan, cairan, dan gas (Hsu, 1994).

#### **2.2.5.1 Vibrasi Molekul**

Spektrum inframerah molekul adalah hasil transisi antara tingkat energi getaran (vibrasi) yang saling berlainan. Inti-inti atom yang terikat oleh ikatan kovalen mengalami vibrasi atau osilasi, yang dapat diilustrasikan sebagai dua bola dengan pegas di bagian tengahnya (Supratman, 2010).

Bila molekul dapat menyerap radiasi inframerah, energi yang diserap menyebabkan kenaikan dalam amplitudo getaran atom-atom yang terikat. Energi yang diserap akan dibuang dalam bentuk panas, bila molekul kembali ke keadaan semula. Panjang gelombang eksak dari absorpsi oleh suatu tipe ikatan bergantung pada jenis getaran dari ikatan tersebut. Karena itu, tipe ikatan yang berlainan akan menyerap radiasi inframerah pada panjang gelombang yang berbeda pula. Karena hal tersebut, maka spektrometri inframerah dapat digunakan untuk mengidentifikasi adanya gugus fungsi dalam suatu molekul (Supratman, 2010).

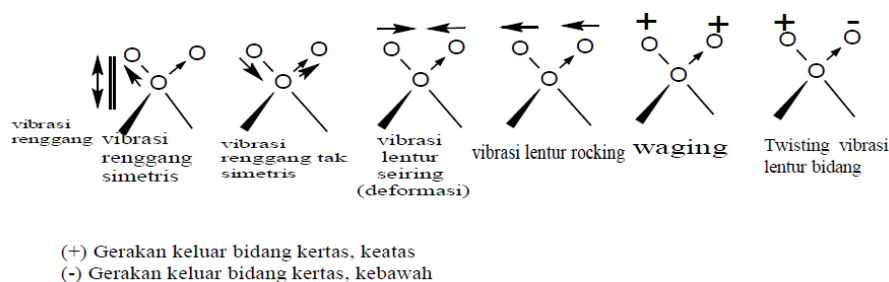
**Tabel 2.2** Absorpsi inframerah dan jenis ikatannya

Jenis Ikatan	Getaran Gugus	Bilangan Gelombang (cm <sup>-1</sup> )
C-H	Alkana (Uluran)	3.000-2.850
	-CH <sub>3</sub> - (Tekukan)	1.450 dan 1.375
	-CH <sub>2</sub> - (Tekukan)	1.465
	Alkena (Uluran)	3.100-3.000
	Aromatik (Uluran)	3.150-3.050
	Alkalin (Uluran)	3.300
	Aldehid	2.900-2.700
C-C	Alkana	Tidak terinterpretatif
C=C	Alkena	1.680-1.600
	Aromatik	1.600 dan 1.475
C≡C	Alkuna	2.250-2.100
C=O	Aldehid	1.740-1.720
	Keton	1.725-1.705
	Asam Karboksilat	1.725-1.700
	Ester	1.750-1.730
	Amida	1.680-1.630
	Anhidrida	1.810 dan 1.760
	Asam Klorida	1.800
C-O	Alkohol, Eter, Ester, Asam Karboksilat, Anhidrida	1.300-1.000
O-H	Alkohol, Fenol	3.650-3.600
	Asam Karboksilat	3.400-2.400
N-H	Amina Amida (Uluran)	3.500-3.100
	Amina Amida (Puntiran)	1.640-1.550
C-N	Amina	1.350-1.000
C≡N	Nitril	2.260-2.240
X=C=Y	Alkena, Isosianat, Isotiosianat	2.270-1.940
N=O	Nitro (R-NO <sub>2</sub> )	1.550 dan 1.350
S-H	Merkaptan	2.550
S=O	Sulfoksida	1.050
	Sulfonat, Sulfonil Klorida, Sulfat, Sulfonamida	1.375-1.300 dan 1.350-1.140
C-X	Fluorida	1.400-1.000
	Klorida	785-540
	Bromida, Iodida	<667

Sumber: Pavia, dkk, 2009

Banyaknya energi yang dapat diserap berbeda-beda dari tiap jenis ikatan, hal tersebut disebabkan sebagian dari perubahan momen dipol ( $\mu \neq 0$ ) pada saat energi diserap. Ikatan nonpolar seperti C-H atau C-C menyebabkan absorpsi lemah, sedangkan ikatan polar seperti O-H, N-H, dan C=O menunjukkan absorpsi yang lebih kuat (Supratman, 2010).

Pada temperatur biasa, molekul organik memiliki frekuensi vibrasi dalam keadaan tetap. Masing-masing ikatan memiliki vibrasi tekuk (*bending*) dan vibrasi renggang (*stretching*), yang dapat mengabsorpsi energi radiasi pada frekuensi tersebut. Vibrasi renggang adalah terjadinya terus menerus perubahan jarak antara dua atom di dalam suatu molekul. Vibrasi renggang dapat dibagi menjadi dua, yaitu vibrasi renggang simetris dan vibrasi renggang asimetris. Vibrasi tekuk adalah terjadinya perubahan sudut antara dua ikatan kimia. Vibrasi tekuk dapat dibagi menjadi empat macam, yaitu vibrasi tekuk dalam bidang (*in-plane bending*) *scissoring*, vibrasi tekuk dalam bidang *rocking*, vibrasi keluar bidang (*out of plane bending*) *wagging*, vibrasi keluar bidang *twisting* (Fessenden & Fessenden, 1986).



**Gambar 2.7** Jenis-Jenis Vibrasi Molekul pada Spektroskopi FTIR

Sumber: Stuart, 2004

Ikatan tertentu dapat menyerap energi lebih dari satu panjang gelombang. Contohnya ikatan O-H menyerap energi pada frekuensi  $3.330\text{ cm}^{-1}$  ( $3,0\text{ }\mu\text{m}$ ), energi pada panjang gelombang menyebabkan kenaikan vibrasi renggang ikatan O-H. Suatu ikatan O-H juga menyerap pada frekuensi  $1.250\text{ cm}^{-1}$  ( $8,0\text{ }\mu\text{m}$ ), energi pada panjang gelombang ini menyebabkan kenaikan vibrasi lentur. Tipe vibrasi yang berbeda-beda ini disebut dengan cara vibrasi fundamental (*fundamental mode of vibration*) (Supratman, 2010).

Dalam beberapa hal, spektrum yang terbaca pada spektrometri FTIR dapat mengalami gangguan sehingga sulit teramati. Jumlah teoritik vibrasi serapan (frekuensi serapan), jarang teramati karena *overtone* (kelipatan frekuensi) dan kombinasi *tone* (gabungan dua getaran atau lebih) sehingga menambah jumlah pita. Beberapa fenomena dalam yang mengurangi jumlah pita teoritik adalah sebagai berikut: frekuensi dasar yang terletak di luar daerah  $4.000\text{-}7.000\text{ cm}^{-1}$ , pita

dasar yang terlalu lemah untuk diamati, vibrasi dasar yang terletak berdekatan sehingga dapat menyatu, terjadi pita turunan dari beberapa serapan yang memiliki frekuensi sama dalam molekul yang bersimetri tinggi, dan kegagalan vibrasi dasar tertentu untuk muncul pada inframerah karena kurangnya perubahan momen dipol (Supratman, 2010).

#### **2.2.5.2 Instrumentasi FTIR**

Spektrometer inframerah umumnya merupakan spektrometer yang terdiri dari lima bagian utama yang disebut berkas ganda (*double beam*) yang terdiri dari bagian-bagian utama, yaitu:

a. Sumber sinar radiasi,

Radiasi inframerah dihasilkan dari pemijar Nerst dan Globar. Pemijar Nerst adalah batang cekung dari Sirkonium dan Yttrium oksida yang dipanaskan hingga 1.500°C dengan arus listrik. Pemijar Globar adalah batang Silikon karbida yang dipanasi hingga 1.200°C, hingga memancarkan radiasi *continue* pada daerah 1-40  $\mu\text{m}$  (Supratman, 2010).

b. Monokromator (kisi difraksi)

Terdiri dari sistem celah masuk dan celah keluar, alat pendispersi yang berupa kisi difraksi atau prisma, dan cermin untuk memantulkan dan memfokuskan sinar.

c. *Beam splitter*, material transparan dengan indeks relatif, sehingga menghasilkan 50% pancaran radiasi yang direfleksikan, dan 50% pancaran radiasi yang diteruskan.

d. Interferometer

Merupakan bagian utama dari FTIR yang berfungsi untuk membentuk interferogram yang akan diteruskan menuju detektor.

e. Detektor

Merupakan piranti yang mengukur energi pancaran yang lewat akibat panas yang dihasilkan. Detektor yang sering digunakan adalah *thermocouple* dan balometer.

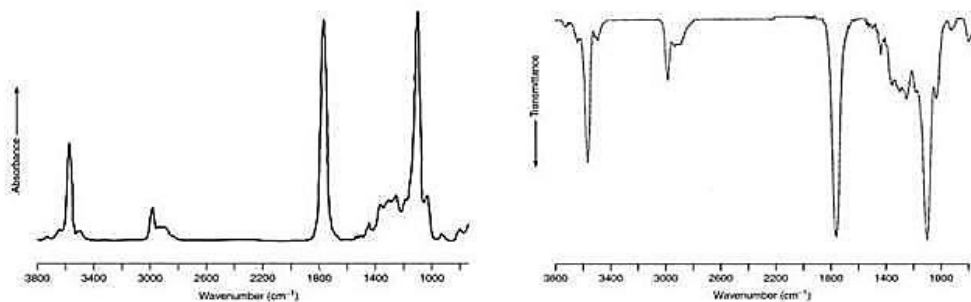
### 2.2.5.3 Spektrum dan Interpretasi Spektra Inframerah

Spektrum inframerah suatu senyawa dapat diartikan sebagai panjang gelombang atau bilangan gelombang yang berubah-ubah sepanjang suatu daerah sempit secara berkesinambungan dari spektrum elektromagnetik yang berbanding terbalik dengan persen transmitat (%T) atau absorban (A) (Supratman, 2010).

Jika suatu senyawa menyerap radiasi pada suatu panjang gelombang tertentu, intensitas radiasi yang diteruskan oleh contoh akan berkurang. Hal ini mengakibatkan suatu penurunan dalam %T dan nampak di dalam spektra itu sebagai suatu sumur, yang disebut puncak absorpsi atau pita absorpsi (Fessenden & Fessenden, 1986). Bagian spektrum dimana %T menunjukkan angka 100 atau hampir 100 disebut garis dasar (*base line*), yang direkam pada spektrum inframerah pada bagian atas (Supratman, 2010).

$$A = -\text{Log } \%T \dots \dots \dots (2.4)$$

$$\%T = \frac{\text{intensitas}}{\text{intensitas awal}} \times 100 \dots \dots \dots (2.5)$$

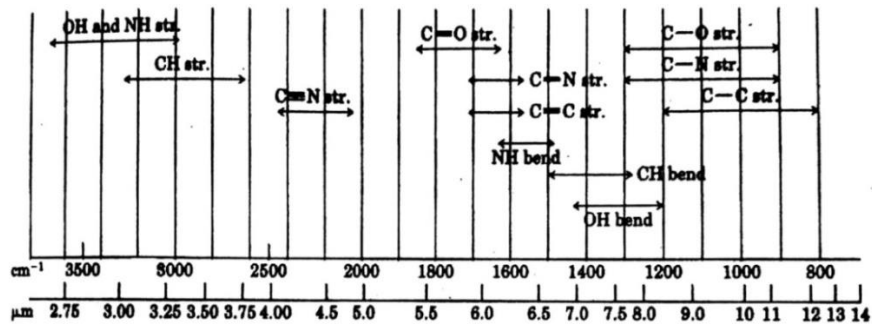


**Gambar 2.8** Perbedaan Spektra Absorbansi (A) dengan Persen Transmittan (%T)  
Sumber: Stuart, 2004

Frekuensi pada spektroskopi inframerah dinyatakan dalam bilangan gelombang, bilangan gelombang inilah yang diinterpretasi sebagai tanda dari gugus fungsi yang terkandung dalam senyawa yang diuji. Satuan bilangan gelombang adalah  $\text{cm}^{-1}$ . Satuan panjang gelombang dalam spektroskopi inframerah adalah mikrometer, ( $\mu\text{m}$ ) dengan  $1,0\mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m} = 10^{-4} \text{ cm}$ .

Pita-pita inframerah dalam spektrum dapat dikelompokkan menurut intensitasnya, yaitu kuat (*s, strong*), medium (*m*), dan lemah (*w, weak*). Suatu pita lemah yang tumpang tindih dengan suatu pita kuat disebut dengan bahu (*sh*,

*shoulder*). Istilah-istilah ini sebagai penamaan, dengan data yang bersifat kualitatif (Supratman, 2010).



**Gambar 2.9** Peta Korelasi Penetapan Gugus Fungsi Spektra IR

Sumber: Supratman, 2010

Umumnya, pita serapan polimer pada spektrum inframerah adalah adanya ikatan C-H renggangan pada daerah  $2.880\text{ cm}^{-1}$  sampai dengan  $2.900\text{ cm}^{-1}$ , dan renggangan dari gugus fungsi lain yang mendukung untuk analisis suatu material.

Daerah antara  $1.400 - 4.000\text{ cm}^{-1}$  ( $2,5\mu\text{m}$  sampai kira-kira  $7,1\mu\text{m}$ ), bagian kiri spektra inframerah, merupakan daerah yang khusus berguna untuk identifikasi gugus-gugus fungsional. Daerah ini menunjukkan absorpsi yang disebabkan oleh modus uluran. Daerah di kanan  $1.400\text{ cm}^{-1}$ , seringkali sangat rumit karena banyaknya absorpsi modus uluran maupun modus tekukan di daerah ini.

Di daerah ini juga biasanya korelasi antara suatu pita dan suatu gugus fungsional spesifik tak dapat ditarik dengan cermat, namun setiap senyawa organik mempunyai absorpsi yang unik di daerah ini. Oleh karena itu, bagian spektra ini disebut sidik jari. Meskipun bagian kiri suatu spektra terlihat sama untuk senyawa-senyawa yang mirip, daerah sidik haruslah cocok juga antara dua spektra, agar dapat disimpulkan kedua spektra sama (Fessenden & Fessenden, 1986).

### 2.2.6 Pemrosesan Polimer

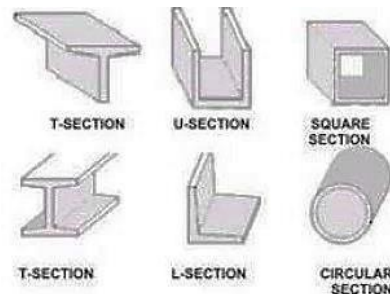
Polimer plastik dapat dicetak, dituang, dan dibentuk, serta dapat dilakukan proses dengan mesin (*machining*) dan dapat disambung (*joining*) (Mervat, 2010). Metode pemrosesan polimer plastik dapat dilakukan dengan proses ekstrusi, *injection molding*, *casting*, *thermoforming*, *blow molding*, dan lain sebagainya (Firdaus dan Soejono, 2002).

### 2.2.6.1 Proses *Compounding* Polimer dengan Ekstrusi

Ekstrusi adalah proses penyampuran dan pengolahan suatu bahan polimer secara *continue* menggunakan alat ekstruder sampai meleleh pada temperatur leleh tertentu, yang kemudian dialirkan ke *die* oleh *screw* yang berjalan. Teknik ini dapat digunakan untuk memproses sebagian besar polimer termoplastik dan beberapa jenis polimer termoset. Proses pembuatan komposit serat alam dengan polimer termoplastik juga dapat dilakukan dengan proses ekstrusi.

Proses ekstrusi dapat dikatakan sebagai proses *compounding* dikarenakan proses ekstrusi dapat mencampur (homogenisasi) polimer dengan senyawa campurannya di dalam alat ekstruder.

Proses ekstrusi menghasilkan produk berbentuk profil yang memanjang *continue*. Produk-produk hasil ekstrusi yang panjang secara *continue* tidak dapat digunakan secara langsung, sehingga harus dipotong terlebih dahulu. Biasanya produk polimer hasil ekstrusi akan dimasukkan ke alat tambahan seperti *pelletizer* yang dapat memotong produk menjadi seukuran pelet (biji plastik).



**Gambar 2.10** Produk Hasil Proses Ekstrusi

Sumber: Colton, 2009

Bagian-bagian yang penting pada ekstruder diantaranya sebagai berikut:

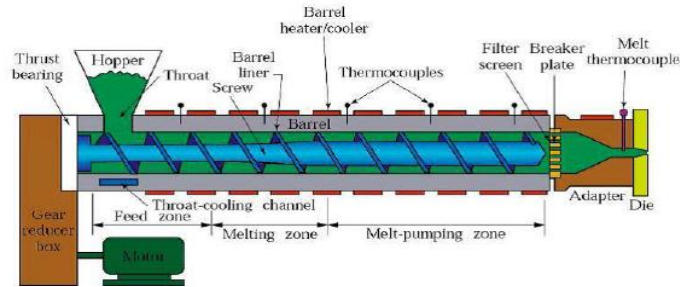
a. *Hopper*

*Hopper* merupakan alat yang berfungsi sebagai tempat untuk memasukkan bahan baku yang nantinya mengalir dalam dinding-dinding ekstruder. *Hopper* berbentuk seperti corong besar yang dibentuk untuk menampung sejumlah bahan baku persediaan untuk waktu tertentu selama pemrosesan.

b. Sekrup (*Screw*)

Sekrup (*screw*) berada di dalam *barrel* atau selongsong ekstruder. *Screw* berfungsi untuk mengalirkan lelehan polimer yang telah meleleh menuju *die* pada

akhir alat ekstruder. Selain berfungsi untuk mengalirkan lelehan polimer, *screw* juga berfungsi untuk membantu proses homogenisasi polimer pada wujud lelehanya dengan senyawa-senyawa campurannya.



**Gambar 2.11** Alat Ekstruder dan Bagian-Bagiannya

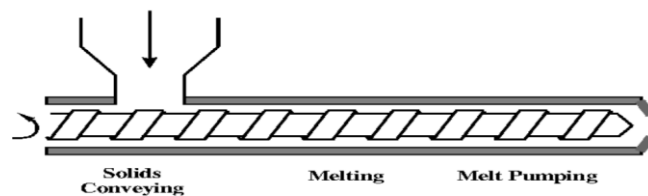
Sumber: Colton, 2009

Berdasarkan banyaknya *screw*, ekstruder dapat digolongkan menjadi dua yaitu, ekstruder sekrup tunggal (*single screw extruder*) dan ekstruder sekrup ganda (*twin screw extruder*).

- Ekstruder Sekrup Tunggal (*Single Screw Extruder*)

Bagian ekstruder sekrup tunggal, antara lain:

- feed section*, bagian dimana bahan-bahan yang akan diekstrusi dimasukkan ke dalam ekstruder melalui suatu lubang masukan (*inlet*).
- compression section* atau *transition section*, dimana terdapat *screw* yang terletak dalam dinding selubung (*barrel*) mesin ekstruder, umumnya memiliki ukuran yang semakin mengecil ke arah bahan keluar (tergantung spesifikasi ekstruder).
- metering section*, bagian yang paling dekat dengan *die* dari ekstruder. Seringkali bagian ini memiliki luas jalur yang menyempit, sehingga menyebabkan daya tekan mekanis pada bahan berlangsung efektif.



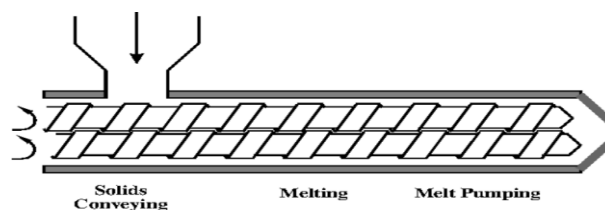
**Gambar 2.12** Ekstruder Sekrup Tunggal

Sumber: Linko, 1982

- Ekstruder Sekrup Ganda (*Twin Screw Extruder*)

Bagian-bagian ekstruder sekrup ganda, antara lain:

- feed zone*, bagian dimana bahan-bahan yang akan diekstrusi dimasukan ke dalam ekstruder melalui suatu lubang masukan (*inlet*). Ketika sekrup mulai berputar, ekstruder akan menggiling material dan mencampur material secara menyeluruh.
- cooking zone*, pada tahap *cooking zone* campuran diberi perlakuan panas dari berbagai sumber. Kepadatan gerigi-gerigi dan jarak sekrup, pengaturan arah putaran dan tekanan dapat menghasilkan panas secara mekanis. Panas konveksi dihantarkan langsung dari dinding *barrel* menuju campuran.
- forming zone*, merupakan tempat polimer dibentuk sesuai keinginan. Produk polimer dapat dibuat mengembang atau padat yang dipengaruhi oleh tingkat kelembaban, temperatur, tekanan, dan geometris dari *die*. Untuk membuat produk mengembang (*expanded product*), dengan meningkatkan temperatur dan tekanan sementara, dan tingkat kelembaban harus dikendalikan. Ketika produk keluar dari *die*, perubahan dari tekanan atmosfer menyebabkan kelembaban di dalam bahan menjadi uap. Sedangkan untuk membuat produk yang padat, digunakan sampel dengan kelembaban tinggi dan diolah dengan temperatur yang rendah. Ketika sekrup mendorong polimer keluar melalui *die*, maka produk tidak akan mengembang, tetapi menjadi padat dan sesuai bentuk *die* (Janssen, 1978).



**Gambar 2.13** Ekstruder Sekrup Ganda

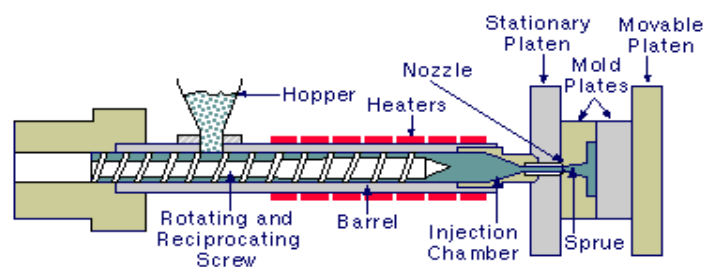
Sumber: Linko, 1982

- Die*

*Die* berfungsi sebagai tempat pencetakan produk polimer dengan berbagai macam bentuk, kandungan air, dan konsistensi (Holmes, 2007). Pada bagian *die* produk polimer akan di dorong keluar.

### 2.2.6.2 Proses Pencetakan dengan *Injection Molding*

*Injection molding* adalah salah satu bagian besar dalam industri plastik dengan produksi 32% dari seluruh proses pencetakan plastik. Berada di bawah ekstrusi dengan produksi 26% (Rosato, 2000). *Injection molding* adalah metode pembentukan polimer (plastik), dimana material yang meleleh karena pemanasan diinjeksikan oleh *pluger* ke dalam cetakan yang diberi pendinginan, sehingga mengeras dan terbentuklah produk. Jenis polimer yang biasa digunakan pada alat *injection molding* adalah termoplastik.



**Gambar 2.14** *Injection Molding* dan Bagian-Bagiannya

Sumber: Presentasi *Injection Molding* dari BVQi Corp.

Pada *injection molding*, terdapat bagian-bagian utama, yaitu:

a. *Drive unit*

Bagian yang berfungsi untuk mengontrol kerja dari *injection molding*, yang terdiri dari motor untuk menggerakkan *screw*, piston injeksi yang menggunakan sistem hidrolis untuk memompa dan mengalirkan resin yang telah meleleh ke tempat cetakan.

b. *Plasticizing unit*

Bagian untuk memasukan pelet resin untuk dipanaskan. Pada bagian *plasticizing unit* terdapat beberapa komponen, yaitu *hopper*, *barrel*, *heater*, *screw*, dan *nozzel*.

c. *Clamping unit*

*Clamping unit* merupakan tempat untuk menyatukan *molding*. *Clamping system* sangat kompleks, dan di dalamnya terdapat mesin pencetak, bagian *dwelling* yang berfungsi untuk memastikan *molding* terisi penuh oleh resin, alat *injection* untuk menginjeksi resin melalui *spruge* pendingin, dan *ejection* untuk mengeluarkan produk yang telah dicetak dari tempat cetakannya.

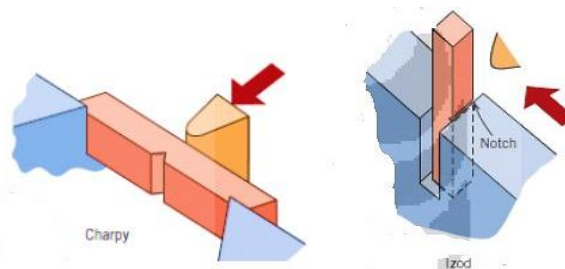
## 2.2.7 Pengujian Sifat Mekanis

Sifat mekanis merupakan salah satu sifat yang harus diperhatikan dalam membuat suatu material. Sifat mekanis material harus disesuaikan dengan kebutuhan produk yang diinginkan. Dalam menentukan sifat mekanis suatu material, seperti polimer, harus dilakukan pengujian mekanis, dimana pengujiannya bersifat fisik dengan perlakuan tertentu.

### 2.2.7.1 Pengujian Kekuatan Impak (*Impact Strength*)

Kekuatan impak adalah besarnya energi yang dapat diserap oleh material ketika memperoleh beban dinamis sampai terjadinya perpatahan. Sifat material biasanya mempunyai nilai impak yang berbanding terbalik dengan nilai kekuatan material tersebut (Masruchin, 2012). Pengujian impak merupakan respon terhadap beban kejut atau beban tiba-tiba (beban impak).

Terdapat dua metode pengujian impak yang sering digunakan, yaitu metode *Izod* dan metode *Charpy*. Sampel dibuat sesuai standar baik dengan cara membuat takik (*notched*) ataupun tanpa takik (*unnotched*) pada material, takik ditujukan sebagai pemusatan beban (*stress concentration*). Untuk metode *Charpy*, spesimen dikenakan beban dengan dua buah penyangga pada dua sisi spesimen. Sedangkan untuk metode *Izod*, penyangga spesimen hanya terdapat pada salah satu sisinya (Masruchin, 2012).



**Gambar 2.15** Pengujian Impak *Charpy* (kiri) dan *Izod* (kanan)

Sumber: Thostenson dkk, 2005

Prinsip pengujian impak adalah menghitung energi yang diberikan beban dan menghitung energi yang diserap oleh spesimen. Saat beban dinaikkan pada ketinggian tertentu, beban memiliki energi potensial, kemudian saat menumbuk spesimen energi kinetik mencapai maksimum. Energi yang diserap spesimen akan menyebabkan spesimen mengalami kegagalan. Bentuk kegagalan itu tergantung pada jenis materialnya, apakah patah getas atau patah ulet. Dengan mengetahui

besarnya energi potensial yang diserap oleh material maka kekuatan impak benda uji dapat dihitung (ISO/DIS 179-1) dengan penjelasan sebagai berikut:

1. Material yang getas, bentuk patahannya akan berbukaan merata, hal ini menunjukkan bahwa material yang getas akan cenderung patah akibat tegangan normal.
2. Material yang ulet akan terlihat meruncing, hal ini menunjukkan bahwa material yang ulet akan patah akibat tegangan geser.
3. Semakin besar posisi sudut  $\beta$  akan semakin getas, demikian sebaliknya. Artinya pada material getas, energi untuk mematahkan material cenderung semakin kecil, demikian sebaliknya.

#### **2.2.7.2 Pengujian Kekuatan Tarik (*Tensile at Yield*)**

Kekuatan tarik dapat diartikan sebagai besarnya beban maksimum yang dibutuhkan untuk memutuskan spesimen bahan, dibagi dengan luas penampang. Selama dibawah pengaruh tegangan, spesimen mengalami perubahan bentuk atau disebut deformasi, maka definisi dari kekuatan tarik dapat diubah menjadi besarnya beban maksimum yang dibutuhkan untuk memutuskan spesimen bahan, dibagi dengan luas penampang mula-mula (Wirjosentono, 1995 hal 99).

Kekuatan tarik maksimum atau *tensile strength* dilambangkan dengan ( $\sigma_{maks}$ ), beban maksimum dilambangkan dengan ( $F_{maks}$ ), dan luas penampang mula-mula dilambangkan dengan ( $A_0$ ). Persamaan untuk memperoleh nilai kekuatan tarik dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\sigma_{maks} = \frac{F_{maks}}{A_0} \dots\dots\dots(2.8)$$

Hasil dari pengamatan sifat kekuatan tarik dinyatakan dalam bentuk kurva tegangan, yaitu rasio beban dengan luas penampang ( $F/A$ ), terhadap perpanjangan bahan (regangan), yang disebut dengan kurva tegangan-regangan. Bentuk kurva tegangan-regangan merupakan suatu karakteristik yang menunjukkan indikasi sifat mekanis bahan, yaitu keras atau lunak, kuat atau lemah, rapuh atau liat, dan lain-lain. (Wirjosentono, 1995).

Pada data kekuatan tarik, diperoleh data berupa *tensile at yield* dan *tensile at break*, dimana kedua data pengujian tersebut merupakan nilai yang berbeda dengan kekuatan tarik (*tensile at strength*).

Bila pada kekuatan tarik, adalah beban maksimum yang dapat digunakan untuk memutuskan spesimen, yang dapat dilambangkan dengan kurva tertinggi pada grafik tegangan regangan. Sedangkan pada *tensile at yield* merupakan nilai tegangan yang diperlukan dari awal spesimen diberi gaya, hingga mencapai titik plastisnya. *Tensile at break* merupakan nilai tegangan yang diperlukan dari mulai spesimen mengalami deformasi plastis, hingga spesimen mengalami putus (*break*).

### **2.2.7.3 Pengujian Kelenturan (*Flexural Modulus*)**

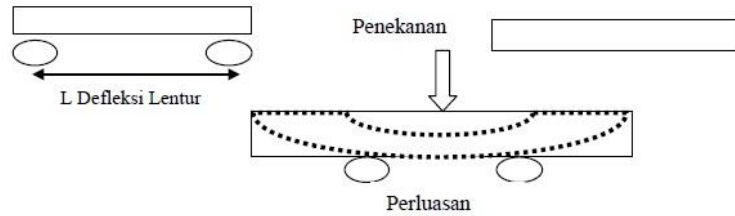
Secara mekanis pengujian yang melibatkan *flexural* atau tekukan menggunakan tiga titik penekanan atau disebut juga dengan *three-point bending test* melibatkan pengujian kekuatan lentur (*flexural strength*) dan pengujian kelenturan (*flexural modulus*).

Kekuatan lentur adalah ukuran dari ketahanan patahan, ketika suatu material ditebuk (*flexing*). Polimer dapat dinyatakan mempunyai kekuatan lentur jika material tersebut kuat dan tahan saat dibengkokkan (Stevens, 2001).

Kekuatan lentur biasanya berhubungan dengan nilai perpanjangan saat putus, yang diperoleh dari uji kekuatan tarik. Nilai kekuatan lentur dan kekuatan tarik dapat memiliki nilai yang sama bila material yang diuji berada dalam keadaan homogen (Ali dkk, 2012). Suatu material dapat dikatakan homogen bila material tersebut memiliki sifat yang sama di setiap titik, tanpa bergantung pada lokasi di bagian tertentu pada material yang diujikan (Altenbach, 2004). Namun, pada kasus tertentu, ada saatnya dimana nilai kekuatan lentur dan kekuatan tarik memiliki nilai yang berbanding terbalik.

Pada uji kekuatan lentur, material diberikan tegangan berupa tekanan yang berkonsentrasi pada suatu titik lokal tertentu, sehingga kekuatan lentur material akan bergantung pada jenis pengisi yang ada pada titik lokal tersebut, sedangkan pada uji kekuatan tarik, suatu material diberikan tegangan berupa tarikan yang berkonsentrasi pada seluruh material (termasuk pengisi) pada seluruh titik,

sehingga patahan akan mulai terjadi ketika pengisi paling lemah mencapai titik kekutan tarik minimumnya (Ali, dkk 2012).



**Gambar 2.16** Skema Pengujian Kekuatan Lentur dan Kelenturan

Sumber: Haygreen, 1996

Pada pengujian ini, akan terjadi pelengkungan pada titik tengah sampel, dan besarnya lengkungan tersebut dinamakan defleksi ( $\delta$ ) (Haygreen, 1996).

Persamaan untuk memperoleh kekuatan lentur adalah sebagai berikut:

$$UFS = \frac{3 PL}{2 bd^2} \dots\dots\dots(2.6)$$

Persamaan untuk memperoleh elastisitas adalah:

$$MOE = \frac{P.L^3}{4 ybd^3} \dots\dots\dots(2.7)$$

Pada pegujian kelenturan menggunakan *Universal Tensile Machine* (UTM) diperoleh data yaitu modulus elastisitas. Modulus elastisitas merupakan nilai yang menunjukkan kemampuan suatu material menahan terjadinya deformasi, dan merupakan nilai yang menunjukkan kekakuan suatu material.

Semakin tinggi nilai modulus elastisitas atau *modulus of elasticity* (MOE) maka, semakin kaku material tersebut, sedangkan semakin rendah nilai MOE, maka semakin elastis atau lentur suatu material.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian yang dilakukan kurang lebih membutuhkan waktu selama empat bulan, yaitu dilaksanakan pada bulan Februari 2018 sampai dengan bulan Juni 2018, dengan rincian tempat dan waktu sebagai berikut:

1. Studi literatur dan *meeting project* dengan PT Polytama Propindo di Kantor Midplaza, Jakarta Selatan pada 14 Februari 2018 - 19 Maret 2018.
2. Survei kondisi instrumen dan pengecekan ketersediaan bahan baku di *plant site* PT Polytama Propindo, Indramayu, Jawa Barat pada 21 Maret 2018
3. Persiapan bahan baku, peralatan, dan proses pembuatan kompon polipropilena dilakukan di laboratorium kimia, laboratorium *molding*, dan laboratorium instrumentasi, di *plant site* PT Polytama Propindo, Indramayu, Jawa Barat pada 04 April 2018 – 11 Mei 2018.
4. Pengujian sifat mekanis kompon polipropilena dilakukan di *plant site* PT Polytama Propindo, Indramayu, Jawa Barat pada 12 April 2018 – 11 Mei 2018.
5. Pengujian *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dilakukan di laboratorium Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian RI pada 25 Juni 2018.
6. Penyusunan laporan penelitian ini dilakukan di Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian RI

#### **3.2 Alat dan Bahan**

##### **3.2.1 Alat Penelitian**

Alat yang digunakan terbagi menjadi dua, yaitu peralatan untuk proses dan peralatan untuk pengujian.

- a. Alat yang digunakan dalam proses adalah sebagai berikut:
  1. Timbangan digital AND Gr-200
  2. Sekop resin

3. Ember plastik
  4. Wadah, dapat berupa *cup*
  5. Spatula
  6. *Mixer* Toshiba Tosvert VF-A3 kapasitas 5 kg
  7. *Extruder single screw* Axxon ab kapasitas 5 kg
  8. *Water bath*
  9. Mesin *pelletizer*
  10. *Injection molding* Battendfeld hidrolik kapasitas 100 ton
  11. Tang
- b. Alat yang digunakan dalam pengujian adalah sebagai berikut:
1. Alat *grinding Tester* Sangyo
  2. *Impact izod* Tinius Olsen model 892 *impact display*
  3. *Universal Tensile Machine* (UTM) Instron 5565
  4. *Fourier Transform Infrared* (FTIR) Nicolet iS10

### **3.2.2 Bahan Penelitian**

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Resin polipropilena homopolimer *grade 34 flake*
- b. Antioksidan Indonox B210
- c. Anti asam/*anti acid* dan *release agent*, kalsium stearat
- d. *Impact modifier* merek A
- e. *Impact modifier* merek B

### **3.3 Variabel**

Variabel merupakan sesuatu yang dijadikan faktor dalam melakukan suatu eksperimen, dimana variabel dapat menentukan suatu perubahan sekecil apapun. Variabel yang akan dibahas, dibagi menjadi dua, yaitu variabel tetap dan variabel bebas.

#### **3.3.1 Variabel Tetap**

Variabel tetap adalah variabel yang dibuat tidak berubah selama penelitian berlangsung. Variabel tetap dalam penelitian ini yaitu:

- a. Bahan Baku
  1. Massa resin polipropilena untuk umpan sebesar 5000 gram

2. Massa Indonox B210 sebesar 1500 ppm (7,5 gram)
  3. Massa kalsium stearat sebesar 400 ppm (2,0 gram)
- b. Kondisi Operasi Peralatan
1. Waktu *mixing* selama 3 menit
  2. Kecepatan putaran *mixer* 1.289 rad/min
  3. Temperatur ekstruder pada zona 1 = 190°C, zona 2 = 220°C, zona 3 = 240°C, dan zona 4 = 240°C

### 3.3.2 Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang divariasikan dalam penelitian. Variasi ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh terhadap variabel lain, guna mendapatkan hasil terbaik dari sampel kompon polipropilena yang ada.

Sampel dibagi menjadi tiga jenis, yaitu kontrol, sampel variasi A, dan sampel variasi B. Sampel kontrol merupakan polipropilena dengan tambahan aditif antioksidan dan kalsium stearat sebagai variabel tetap, dan tidak menambahkan aditif *impact modifier* sebagai variabel bebas, atau dapat dikatakan *impact modifier* pada kontrol sebesar 0%.

Sampel variasi A merupakan senyawa polipropilena dengan tambahan variasi tetap dari antioksidan sebanyak 7,5 gram, kalsium stearat sebanyak 2,0 gram, dan dengan penambahan *impact modifier* merek A dengan variasi sebanyak lima variasi, yaitu 0,5%, 1,0%, 1,5%, 2,0%, dan 2,5% dari massa polipropilena.

Sampel variasi B merupakan senyawa polipropilena dengan variasi tetap antioksidan sebanyak 7,5 gram, kalsium stearat sebanyak 2,0 gram dan penambahan *impact modifier* merek B sebanyak lima variasi yaitu, 0,5%, 1,0%, 1,5%, 2,0%, dan 2,5% dari massa polipropilena.

Variabel bebas dalam penelitian ini disajikan dalam tabel 3.1 dimana memuat komposisi massa dari kompon polipropilena yang akan dibentuk.

**Tabel 3.1** Variasi Komposisi Kompon Polipropilena

Sampel	Senyawa	Massa Bahan	Variabel Bebas	Massa <i>Impact Modifier</i>
Kontrol	Polipropilena	5000 gram	<i>Impact modifier</i> 0,0%	0 gram
	Indonox B210	7,5 gram		
	Kalsium Stearat	2,0 gram		
A1	Polipropilena	5000 gram	<i>Impact modifier</i> merek A 0,5 % dari massa PP	25 gram
	Indonox B210	7,5 gram		
	Kalsium Stearat	2,0 gram		
A2	Polipropilena	5000 gram	<i>Impact modifier</i> merek A 1,0 % dari massa PP	50 gram
	Indonox B210	7,5 gram		
	Kalsium Stearat	2,0 gram		
A3	Polipropilena	5000 gram	<i>Impact modifier</i> merek A 1,5 % dari massa PP	75 gram
	Indonox B210	7,5 gram		
	Kalsium Stearat	2,0 gram		
A4	Polipropilena	5000 gram	<i>Impact modifier</i> merek A 2,0 % dari massa PP	100 gram
	Indonox B210	7,5 gram		
	Kalsium Stearat	2,0 gram		
A5	Polipropilena	5000 gram	<i>Impact modifier</i> merek A 2,5 % dari massa PP	125 gram
	Indonox B210	7,5 gram		
	Kalsium Stearat	2,0 gram		
B1	Polipropilena	5000 gram	<i>Impact modifier</i> merek B 0,5 % dari massa PP	25 gram
	Indonox B210	7,5 gram		
	Kalsium Stearat	2,0 gram		
B2	Polipropilena	5000 gram	<i>Impact modifier</i> merek B 1,0 % dari massa PP	50 gram
	Indonox B210	7,5 gram		
	Kalsium Stearat	2,0 gram		
B3	Polipropilena	5000 gram	<i>Impact modifier</i> merek B 1,5 % massa PP	75 gram
	Indonox B210	7,5 gram		
	Kalsium Stearat	2,0 gram		
B4	Polipropilena	5000 gram	<i>Impact modifier</i> merek B 2,0 % dari massa PP	100 gram
	Indonox B210	7,5 gram		
	Kalsium Stearat	2,0 gram		
B5	Polipropilena	5000 gram	<i>Impact modifier</i> merek B 2,5 % dari massa PP	125 gram
	Indonox B210	7,5 gram		
	Kalsium Stearat	2,0 gram		

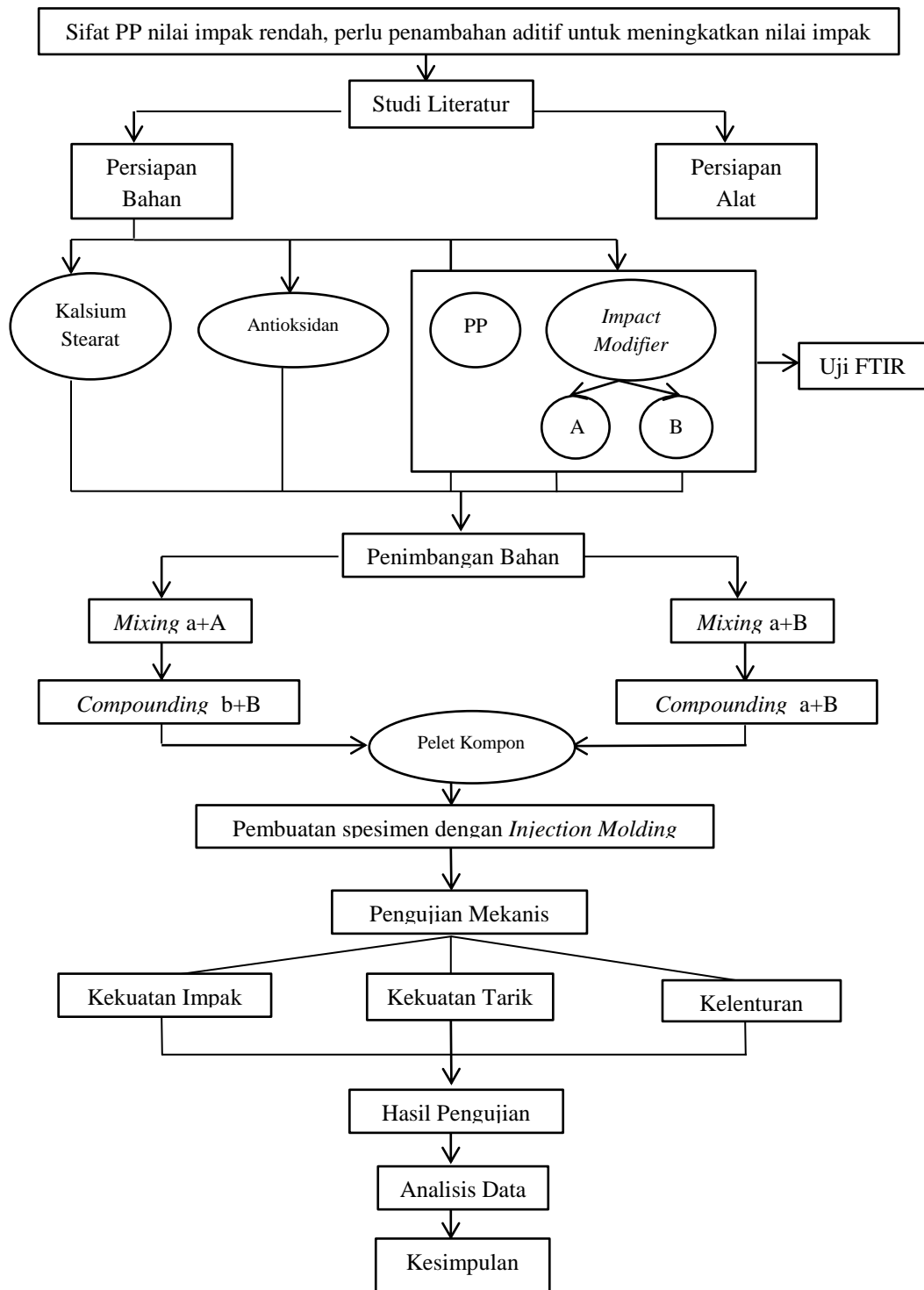
### 3.4 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahap, yaitu persiapan bahan baku dan peralatan yang diperlukan, proses *mixing* dan ekstrusi kompon dengan mesin ekstruder *single screw*, melakukan proses *pelletizing* dengan alat *pelletizer*, proses pencetakan spesimen dengan mesin *injection molding*, dan melakukan pengujian mekanis, yaitu pengujian kekuatan impak dengan metode izod, kekuatan tarik, dan kekuatan lentur. Selain melakukan pengujian mekanis, dilakukan pula pengujian komposisi bahan dengan metode FTIR (*Fourier Transform Infrared*).

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah resin polipropilena homopolimer *grade 34 FL* berbentuk *flake*, dengan *melt flow index* (MFI = 5,401 g/10 min), diperoleh dari PT Polytama Propindo, Indramayau, Jawa Barat. Aditif *impact modifier* merek A dan aditif *impact modifier* merek B berasal dari pihak ketiga yang berbeda, yaitu perusahaan penghasil bahan kimia, yang dipilih sebagai bahan aditif untuk memodifikasi sifat mekanik polipropilena terutama dalam peningkatan kekuatan impak. Antioksidan Indonox B210 dibeli oleh PT Polytama Propindo dari perusahaan bahan kimia PT Indonox Mitra Pratama, dan bahan *anti-acid* kalsium stearat.

Alat yang digunakan untuk proses *compounding* polipropilena, adalah mesin ekstruder *single screw*, yang sebelumnya bahan dilakukan proses *mixing* di dalam *mixer* agar lebih homogen, dan *pelletizer* untuk memotong kompon agar berbentuk biji plastik, yang selanjutnya akan dilakukan proses pencetakan menjadi bentuk spesimen.

Pada proses penelitian ini, resin polipropilena homopolier dicampur dengan seluruh bahan aditif, kecuali pada kontrol (tidak diberi aditif *impact modifier*) di dalam alat *mixer*, dan selanjutnya dilelehkan di alat ekstruder agar homogen secara sempurna. Hasil ekstrusi kompon kemudian didinginkan di dalam *water bath*, lalu dipotong-potong dengan alat *pelletizer*. Hasil dari proses *pelletizing* ini berupa pelet, yang akan dicetak di alat *injection molding* berbentuk spesimen uji.



**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian

### 3.4.1 Persiapan Bahan Baku

Sebelum melakukan penimbangan, resin polipropilena sebagai bahan baku dan aditif *impact modifier* sebagai variabel bebas, diuji dengan pengujian spektrofotometri *Fourier Transform Infrared* (FTIR), untuk mengetahui komposisi bahan penyusunnya.

Setelah melakukan pengujian FTIR, polipropilena ditimbang sebanyak 5 kg untuk satu kali pemrosesan per sampel, sesuai dengan kapasitas minimum dari alat *mixer* dan ekstruder yang digunakan, yaitu 5 kg. Total bahan baku polipropilena yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah sebesar 55 kg.

Aditif antioksidan Indonox B210 ditimbang sebanyak 7,5 gram untuk masing-masing sampel, dengan total bahan Indonox B210 yang dibutuhkan adalah 82,5 gram. Aditif *anti acid* kalsium stearat ditimbang sebanyak 2,0 gram untuk masing-masing sampel, dengan total bahan kalsium stearat yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah sebanyak 22,0 gram

*Impact modifier* merek A dan B ditimbang dengan 5 variasi sesuai pada tabel 3.1, yaitu *impact modifier* variasi 0,5% massa PP (25 gram), 1,0% massa PP (50 gram), 1,5% massa PP (75 gram), 2,0% massa PP (100 gram), dan 2,5% wmassa PP (125 gram). Dengan massa total yang dibutuhkan adalah sebesar 750 gram.

### 3.4.2 Proses Ekstrusi Kompon

Sebelum melakukan proses ekstrusi, seluruh bahan yang digunakan dilakukan proses *mixing* di dalam *mixer* Toshiba Tosvert VF-A3 selama 3 menit, dengan kecepatan putaran 1.289 rad/menit.

Alat ekstruder dipanaskan dahulu selama kurang lebih 30 menit - 60 menit sampai suhu indikator pada ekstruder stabil. Sebelum melakukan ekstrusi sampel penelitian, dilakukan proses pencucian ekstruder (*washing*), dengan mengekstrusi polipropilena 34 FL tanpa campuran aditif sebagai umpannya. *Washing* berfungsi untuk mencegah terjadinya pencampuran sampel yang akan diteliti dengan sisa-sisa kompon dari pemakaian sebelumnya pada ekstruder tersebut, maka dapat mengurangi eror pada penelitian ini.

Proses ekstrusi kompon dilakukan dengan alat ekstruder sekrup tunggal axxon Ab berkapasitas 5 kg. Suhu ekstruder diatur sesuai dengan MFI polipropilena yang digunakan. Untuk jenis polipropilena homopolimer *grade thermoforming* MFI = 5,401 g/10 min, suhu ekstruder diatur dalam 190°C - 240°C. Ekstruder dibagi menjadi 4 zona pemanasan, dengan suhu pemanasan pada zona 1 adalah 190°C, zona 2 adalah 220°C, zona 3 dan 4 adalah 240°C.

Umpan dimasukkan ke dalam *hopper*, lalu umpan akan bergerak dengan dorongan *screw* yang ada di dalam *barrel* ekstruder. Umpan akan melewati empat zona pelelehan, dan kemudian akan dicetak pada *die*, yang akan keluar dari ekstruder berbentuk mie yang cair. Kemudian mie akan didinginkan di dalam *waterbath* dengan air mengalir. Mie akan mengeras karena proses pendinginan, mie yang sudah mengeras akan berbentuk padatan memanjang yang disebut profil. Profil akan diarahkan ke atas *conveyor* berjalan menuju alat *pelletizer* untuk dilakukan proses *cutting*. Hasil dari proses *cutting* berbentuk pelet plastik. Pelet tersebut ditampung di dalam karung-karung dan diberi label sesuai dengan kode sampel.

### **3.4.3 Pembuatan Spesimen dengan Injeksi**

Proses pembuatan spesimen uji, dilakukan dengan alat *injection molding*. *Injection molding* harus dipanaskan terlebih dahulu selama 30 menit, dan air sebagai media pendingin, harus selalu dikontrol agar tidak terlalu panas. Air yang digunakan sebagai media pendingin hanya air tanah biasa yang diambil dari keran pompa di laboratorium.

Pada bagian cetakan di bagian *clamping unit*, cetakan diatur dengan sekrup agar sesuai dengan cetakan spesimen yang diperlukan, yaitu cetakan berbentuk *dog bone* dan cetakan berbentuk plat persegi panjang untuk proses uji.

Pelet dimasukkan ke dalam *hopper* perlahan-lahan, dengan menggunakan sekop atau gelas ukur besar. Kemudian pelet akan meleleh dan keluar dibagian *die*, dan dicetak menuju *clamping*. Hasil cetakan akan turun ke bawah, dan ditampung di dalam kotak penampung. Hasil cetakan *injection molding* tidak dapat langsung berbentuk *dogbone*. Bentuknya masih saling menyatu dengan

cetakan lain, sehingga harus dipotong secara manual menggunakan tang. Proses pemotongan harus dilakukan cepat saat spesimen baru keluar dari *clamping unit*. Hal tersebut untuk mencegah spesimen mengeras sehingga saat dipotong akan melengkung dan keras.

Spesimen berbentuk *dog bone* digunakan untuk pengujian kekuatan tarik, dan kelenturan. Spesimen berbentuk plat persegi panjang dapat digunakan untuk uji kekuatan impak. Pada pengujian impak, spesimen berbentuk *dog bone* dipotong berbentuk persegi panjang, kemudian dibuat takik (*notch*).

Spesimen yang telah selesai dicetak kemudian harus didiamkan minimal selama 2×24 jam agar proses kristalisasi kompon polipropilena sempurna, sehingga material lebih stabil saat dilakukan pengujian mekanis.

### **3.5 Tahap Pengujian**

Pada tahap ini, pengujian yang dilakukan adalah pengujian mekanis. Pengujian mekanis yang dilakukan meliputi uji kekuatan impak (benturan), uji kekuatan tarik, dan uji kekuatan lentur. Pengujian impak menggunakan metode izod dengan alat uji Tinius Olsen model 892, dan pengujian kekuatan tarik dan kekuatan lentur menggunakan mesin *Universal Tensile Machine* (UTM).

Pada pengujian kekuatan impak dengan metode izod didasarkan pada ASTM D 256, pengujian lentur dengan UTM didasarkan pada ASTM D 790, dan pengujian kekuatan tarik dengan UTM didasarkan pada ASTM D 638. Pada pengujian kekuatan impak diperoleh data berupa angka dengan satuan Joule/m. Pendulum diputar dengan beban sebesar 3,1034 Joule.

Pengujian kekuatan tarik dan lentur menggunakan *Universal Tensile Machine* (UTM) Instron 5565. Pada pengujian tarik dihasilkan data berupa kurva tegangan-regangan yang dapat terbaca data *tansile at break*, *elongation at break*, *tansile at yield*, dan *elongation at yield*. Pada pengujian lentur, diperoleh angka dengan satuan mega Pascal (MPa), dengan grafik tegangan-regangan.

#### **3.5.1 Uji Impak Izod**

Pada pengujian impak, simulasi dirancang untuk melihat reaksi material terhadap pembebanan benturan dalam kecepatan tinggi, dengan meletakan

material yang diuji berbentuk batang yang dibenturkan dengan pukulan mendadak.

Pengujian kekuatan impak dengan metode izod dilakukan sesuai ASTM D 256, dengan kondisi operasi dan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Sampel hasil cetakan *injection molding* berbentuk *dog bone* dipotong berbentuk batang persegi panjang, dengan standar pengujian impak izod sesuai ASTM D 256.
2. Spesimen dimasukkan ke dalam alat *grinder* untuk dibuat takik (*notch*) pada bagian tengah spesimen.
3. Lakukan kalibrasi alat uji impak dengan menekan tombol kalibrasi. Kalibrasi dinyatakan berhasil, jika tertera tulisan dalam monitor menunjukan kalibrasi selesai.
4. Masukkan spesimen ke dalam penjepit takik, dan jepit spesimen dengan memutar sekrup pengunci.

Lepaskan pendulum seberat 3,1034 Joule hingga membentur spesimen uji. Alat uji akan membaca kekuatan impak spesimen pada layar.

### **3.5.2 Uji Kekuatan Tarik dengan *Tensile at Yield***

Uji tarik dilakukan dengan alat *Universal Tensile Machine* (UTM) Instron 5565 dengan *grip* berbentuk sepi. Spesimen berbentuk *dog bone* ditarik hingga putus. Pengujian kekuatan tarik dilakukan di laboratorium PT Polytama Propindo dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Pasang *grip* untuk uji kekuatan tarik, *grip* untuk uji tarik dipasang pada bagian atas dan bawah dari alat penarik.
2. Atur ketinggian *grip* atas dengan menekan tombol pengaturan ketinggian yang ada pada *keyboard* UTM. Setelah sesuai dengan panjang spesimen, *grip* ditetapkan (diatur) agar *grip* tidak berubah-ubah ketinggiannya.
3. Pasang spesimen yang akan diuji diantara permukaan *grip* kemudian kencangkan sekrup pada *grip*, pastikan sampel dalam kondisi lurus dan berada tepat di tengah area pembebanan.

4. Tekan tombol “*start*” pada *keyboard* kemudian tunggu hingga spesimen putus dan grafik berhenti berjalan.

Hasil data berupa grafik tegangan-regangan dan tabel yang berisi data elongasi dan kekuatan tarik.

### **3.5.3 Uji Kelenturan (*Flexural Modulus*)**

Pengujian kelenturan dilakukan dengan alat *Universal Tensile Machine* (UTM) Instron 5565 berdasarkan ASTM D 790, dengan *grip* berbentuk pendulum tekan. Spesimen berbentuk *dog bone* ditekan dengan kekuatan 1,2 kN, dan akan berhenti bila keterangan “*extension*” sudah menunjukkan angka 0,00 mm. Pengujian kekuatan lentur dilakukan di laboratorium PT Polytama Propindo dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Ganti *grip* yang sebelumnya digunakan untuk uji tarik, dengan *grip* untuk uji kekuatan lentur, *grip* untuk uji kekuatan lentur dipasang pada bagian atas dan bawah. Bagian atas berbentuk pendulum tekan, dan bagian bawah berbentuk plat dengan bagian tengah berlubang untuk tempat penekanan.
2. Atur ketinggian *grip* atas dengan menekan tombol pengaturan ketinggian yang ada pada *keyboard* UTM. Setelah sesuai dengan panjang spesimen, *grip* ditetapkan (*di-set*) agar *grip* tidak berubah-ubah ketinggiannya.
3. Pasang spesimen yang akan diuji diantara permukaan *grip* kemudian kencangkan sekrup pada *grip*, pastikan sampel dalam kondisi lurus dan berada tepat di tengah area pembebanan.
4. Tekan tombol “*start*” pada *keyboard* kemudian tunggu hingga *extension* 0,00 mm dan grafik berhenti berjalan.

Hasil data berupa grafik tegangan-regangan dan tabel yang berisi data *flexural modulus*.

### **3.5.4 Pengujian Komposisi dengan FTIR**

Pengujian komposisi dilakukan dengan alat uji *Fourier Transform Infrared* yang terdapat pada laboratorium Politeknik STMI Jakarta. Pengujian FTIR yaitu dengan pemancaran sinar infra merah ke arah material yang diuji berdasarkan metode FTIR-ATR. Dari hasil serapan sinar tersebut maka diperoleh data berupa

grafik gelombang yang dapat diidentifikasi dan dilakukan pencocokan dengan data induk yang ada pada pustaka alat FTIR.

Pengujian komposisi diterapkan pada sampel bahan baku resin polipropilena homopolimer, dan sampel aditif *impact modifier* dari dua merek berbeda. dengan prosedur sebagai berikut

1. Hubungkan kabel instrumen FTIR ke sumber listrik, lalu nyalakan instrumen dengan menekan tombol *power*, tunggu hingga proses inisiasi selesai.
2. Nyalakan komputer yang terhubung dengan instrumen FTIR, kemudian buka aplikasi Smart iTR basic yang terhubung dengan alat uji FTIR.
3. Melakukan proses *heating* alat, yaitu menunggu instrumen hingga stabil dalam pembacaan spektrum. Proses *heating* dapat dilakukan dengan menunggu instrumen menyala selama 30 menit.
4. Lakukan proses *conditioning* pada instrumen untuk mengetahui kadar kelembaban dan kandungan karbon dioksida pada udara ambien.
5. Proses *heating* dapat dinyatakan selesai dan instrumen dapat digunakan, bila data spektrum yang terbaca lebih rata dan stabil. Hasil spektra yang stabil dapat dilihat dengan mencoba melakukan pengujian berulang-ulang pada instrumen.
6. Lakukan proses *conditioning* lagi pada instrumen agar parameter dalam pengujian terpenuhi dan instrumen lebih terkalibrasi dengan baik.
7. Siapkan sampel yang akan diuji, karena sampel berbentuk granular dan berbentuk butiran, maka dipilih butiran yang agak besar.
8. Pilih butiran sampel yang memiliki diameter yang cukup untuk menutupi lubang tempat sampel pada instrumen FTIR.
9. Letakkan sampel yang sudah dipilih dengan pinset pada tempat sampel, kencangkan sekrup pada tempat sampel, agar sampel terjepit dengan sempurna, putar sekrup hingga berbunyi klik.
10. Lakukan pemindaian sampel, pastikan parameter pemindaian yang dilakukan sudah benar, tunggu hingga proses pemindaian selesai.

11. Lakukan perbandingan spektrum yang diperoleh dari hasil pemindaian dengan spektrum polimer standar yang terdapat pada pustaka Bio-Rad dengan membandingkan puncak-puncak (*peaks*) yang terbentuk dan berdasarkan pada bilangan gelombang yang terserap.
12. Hasil pengujian dapat dicetak ataupun disimpan dalam format pdf.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan disajikan data berupa hasil pengujian dari penelitian yang sudah dilakukan, yaitu uji komposisi polipropilena dan aditif *impact modifier*. Selanjutnya adalah proses pengujian secara mekanis terhadap spesimen kompon polipropilena yang sudah dibuat berdasarkan variasi yang sudah ditetapkan, yaitu uji kekuatan impak, uji kekuatan tarik, dan uji kelenturan.

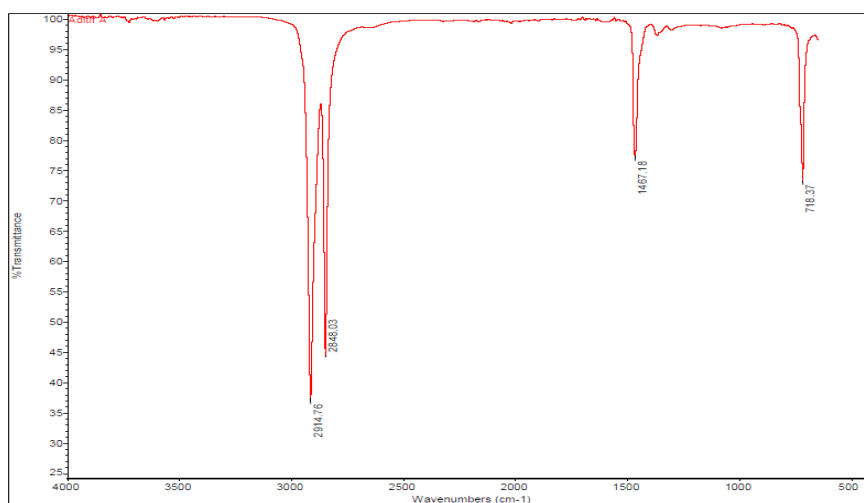
#### 4.1 Analisis Kualitatif *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

Untuk mengidentifikasi senyawa dari aditif *impact modifier* dan polipropilena yang digunakan, maka dilakukan analisa komposisi menggunakan *Fourier Transform Infrared*.

Analisa pengujian FTIR yang dilakukan dalam penelitian ini adalah analisa kualitatif yang bertujuan untuk mengetahui jenis senyawa, tanpa mengetahui komposisi secara kuantitatif. Analisa ini bertujuan untuk mengetahui senyawa organik yang terkandung dalam sampel berdasarkan gugus fungsi yang terbentuk dari absorpsi sinar inframerah.

##### 1. Pengujian FTIR Aditif *Impact Modifier* Merek A

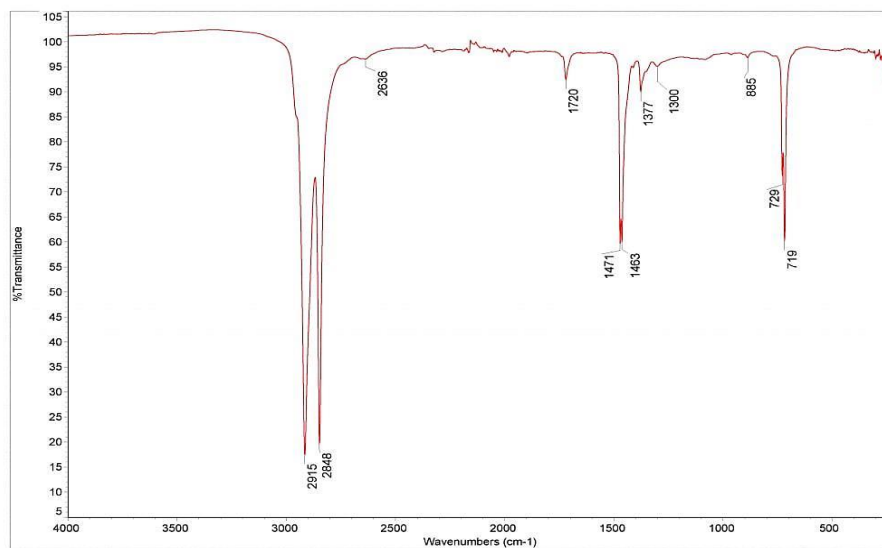
Dari hasil uji spektroskopi FTIR *impact modifier* merek A, diperoleh spektrum absorpsi inframerah yang tampak pada gambar 4.1 sebagai berikut:



**Gambar 4.1** Spektrum Inframerah *Impact Modifier* Merek A

Analisis spektra inframerah pada serapan bilangan gelombang 500 – 4.000  $\text{cm}^{-1}$  pada gambar 4.1 menunjukkan pita-pita serapan khas beberapa gugus fungsi. Pada bilangan gelombang 2.914,76  $\text{cm}^{-1}$  dan 2.848,03  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan bahwa pada senyawa *impact modifier* merek A terdapat gugus hidrokarbon (C-H). Sedangkan pada daerah sidik jari, bilangan gelombang 1.467,18  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus aril (-C=C-), dan serapan gelombang 718,37  $\text{cm}^{-1}$  yang merupakan karakteristik gugus metil pada polietilena.

Berdasarkan perbandingan spektrum inframerah *impact modifier* merek A dengan spektrum inframerah pada *database* FTIR, diperoleh data bahwa *impact modifier* merek A diidentifikasi sebagai senyawa *Low Density Polyethylene* (LDPE), dengan kecocokan sebesar 96,26%. Hal tersebut dapat terbaca dari serapan gugus gugus yang ada pada spektrum *impact modifier* merek A yang menunjukkan bahwa spektrum inframerahnya memiliki kesamaan dengan senyawa LDPE.



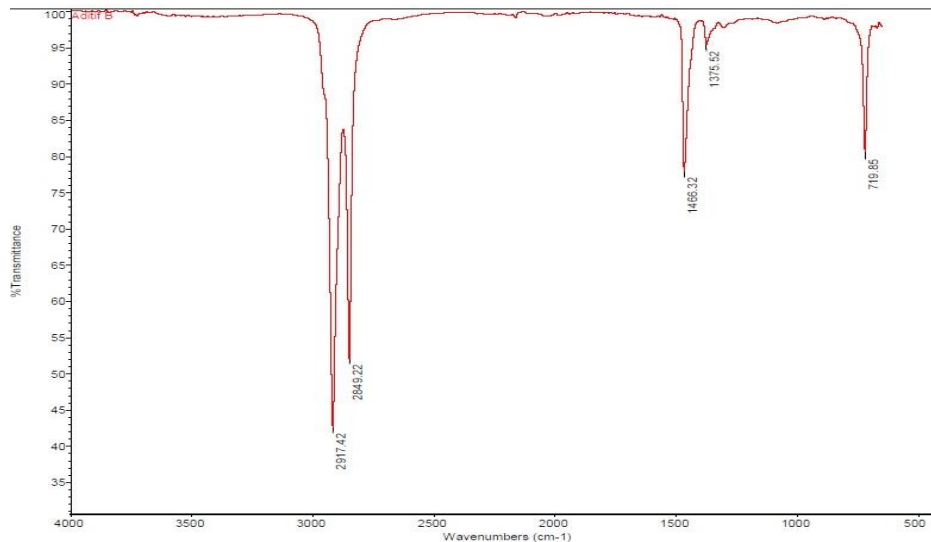
**Gambar 4.2** Spektrum Inframerah *Low Density Polyethylene*

Sumber: Vahur dkk, 2016

Pada gambar 4.2 yang merupakan spektrum inframerah LDPE, dapat dilakukan pencocokan secara manual dengan gambar 4.1 yang merupakan spektrum *impact modifier* merek A, bahwa senyawa *impact modifier* merek A memiliki kemiripan gugus fungsi serapan dengan spektrum inframerah LDPE.

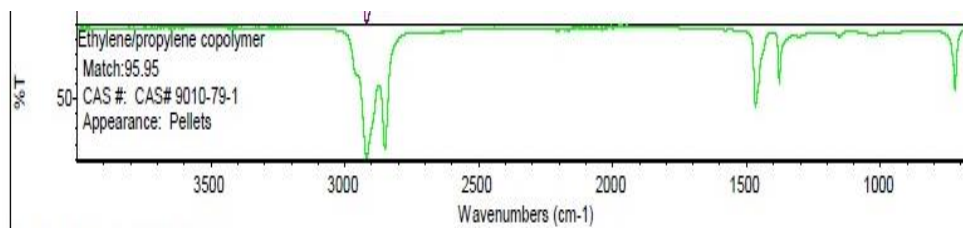
## 2. Pengujian FTIR Aditif *Impact Modifier* Merek B

Dari hasil uji spektroskopi FTIR *impact modifier* merek B, diperoleh spektrum absorpsi inframerah yang tampak pada gambar 4.2 sebagai berikut:



**Gambar 4.3** Spektrum Inframerah *Impact Modifier* Merek B

Analisis spektra inframerah pada serapan bilangan gelombang 500 – 4.000 cm<sup>-1</sup> pada gambar 4.2 menunjukkan adanya gugus hidrokarbon (C-H) pada bilangan gelombang 2.917,42 cm<sup>-1</sup> dan 2.849,22 cm<sup>-1</sup>. Sedangkan pada daerah sidik jari, menunjukkan adanya gugus hidrokarbon (C-H), dengan 1.466,32 cm<sup>-1</sup> merupakan gugus metil (-CH<sub>3</sub>), bilangan gelombang 1.375,52 cm<sup>-1</sup> merupakan gugus (-CH<sub>2</sub>-), dan 719,85 cm<sup>-1</sup> yang merupakan karakteristik gugus metilena pada polietilena.



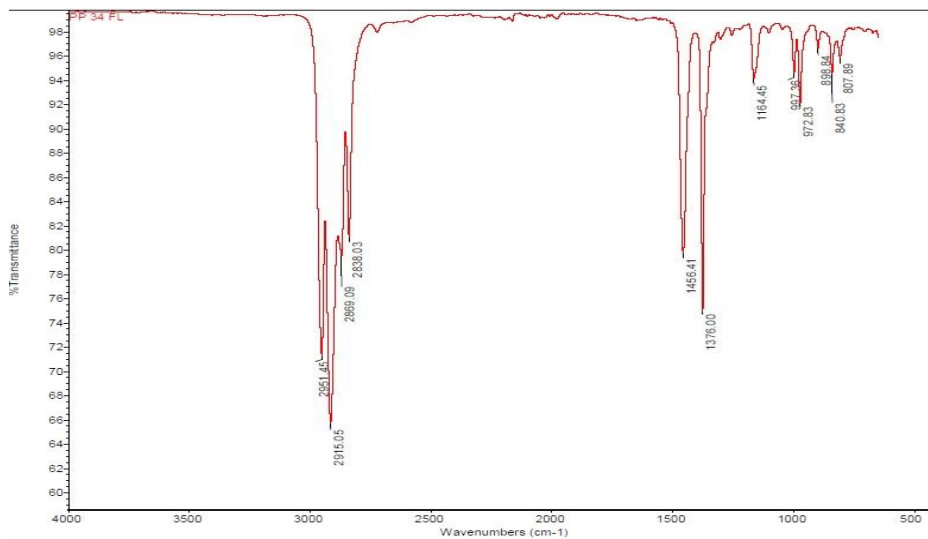
**Gambar 4.4** Spektrum Inframerah Etilena-Propilena Kopolimer

Berdasarkan perbandingan spektrum inframerah *impact modifier* merek B dengan spektrum inframerah pada *database* FTIR, diperoleh hasil komposisi bahwa *impact modifier* merek B diidentifikasi sebagai senyawa etilena propilena kopolimer, dengan kecocokan sebesar 95,95%.

### 3. Pengujian FTIR Bahan Baku Polipropilena

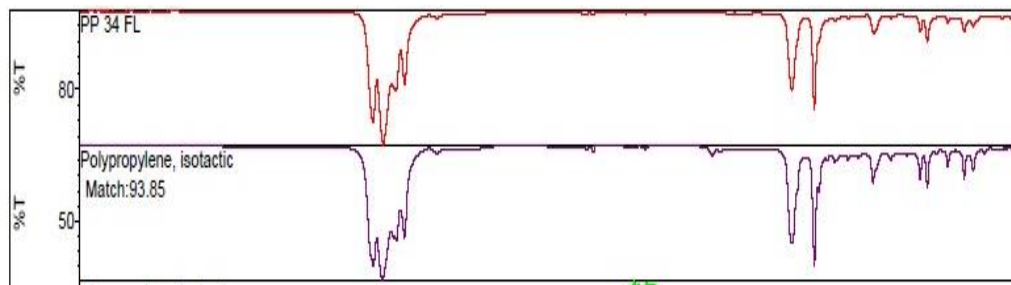
Pengujian FTIR polipropilena *grade 34 flake* sebagai bahan baku bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat kandungan lain pada bahan baku polipropilena, ataukah hanya polipropilena murni dengan sedikit aditif yang tidak berpengaruh pada identifikasi polipropilena.

Dari hasil uji spektroskopi FTIR polipropilena *grade 34 flake*, diperoleh spektrum absorpsi inframerah yang tampak pada gambar 4.4 sebagai berikut:



**Gambar 4.5** Spektrum Inframerah Polipropilena 34 Flake

Analisis spektra inframerah pada serapan bilangan gelombang 500 – 4.000  $\text{cm}^{-1}$  pada gambar 4.4 menunjukkan adanya hidrokarbon (C-H) dengan gugus alkana pada bilangan gelombang 2.951,45  $\text{cm}^{-1}$ , 2.915,05  $\text{cm}^{-1}$ , 2.869,09  $\text{cm}^{-1}$ . Terdapat pula hidrokarbon (C-H) dengan gugus aldehyd pada bilangan gelombang 2.838,03  $\text{cm}^{-1}$ , dan gugus fungsi metil (-CH<sub>3</sub>) pada bilangan gelombang 1.456,41  $\text{cm}^{-1}$  dan 1.376,00  $\text{cm}^{-1}$ . Sedangkan pada daerah sidik jari, menunjukkan adanya gugus metil pada gelombang 1.164,45  $\text{cm}^{-1}$ , 997,36  $\text{cm}^{-1}$ , dan 972,83  $\text{cm}^{-1}$  yang menjadi ciri khas polipropilena, dan ikatan C-C yang tergolong alkana yang tidak dapat diinterpretatif pada bilangan gelombang 898,84  $\text{cm}^{-1}$ , 840,83  $\text{cm}^{-1}$ , dan 807,89  $\text{cm}^{-1}$ .



**Gambar 4.6** Spektrum Inframerah Pencocokan PP 34FL dengan PP Murni

Berdasarkan perbandingan spektrum inframerah bahan baku polipropilena *grade 34 flake* dengan spektrum inframerah pada *database* FTIR, diperoleh hasil bahwa polipropilena *grade 34 flake* merupakan polipropilena murni yang tergolong isotaktik polipropilena, dengan kecocokan data sebesar 93,85%.

#### 4.2 Analisis Sifat Kekuatan Impak

Pengujian kekuatan impak bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan zat aditif *impact modifier* terhadap sifat ketahanan spesimen dengan pembebanan yang cepat (*rapid loading*). Pengujian akan dikenakan kepada spesimen kompon polipropilena tanpa *impact modifier*, dan spesimen kompon polipropilena dengan *impact modifier* merek A dan B.

Penambahan aditif *impact modifier* menyebabkan perubahan sifat dari polipropilena murni, karena sifat mekanik polimer dapat dipengaruhi oleh besarnya jumlah komponen-komponen penyusun dari polimer. Hasil uji kekuatan impak dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

**Tabel 4.1** Hasil Uji Kekuatan Impak Polipropilena 34 Flake

Sampel	Kadar <i>Impact Modifier</i>	<i>Impact Strength</i>	Satuan
Kontrol 1	0 %	22,580	J/m
Kontrol 2	0 %	22,830	J/m
Kontrol 3	0 %	22,260	J/m
Kontrol 4	0 %	19,490	J/m
Rata-rata		21,790	J/m

Dari tabel 4.1 sesuai pengujian yang dilakukan, dapat dilihat bahwa sampel polipropilena memiliki nilai impak rata-rata sebesar 21,790 J/m. Berdasarkan data dari *International Association of Plastics Distribution (IAPD)*, bahwa

polipropilena homopolimer memiliki kekuatan impact sebesar 0,4 sampai 1,4 ft.lb/in atau bila dikonversikan sebesar 21 sampai 75 J/m.

Dari data yang didapatkan pada pengujian kekuatan impact dengan data secara teoritis dari IAPD, bahwa pengujian yang dilakukan memiliki data dengan kisaran kekuatan impact yang sama dengan IAPD, hal tersebut berarti pengujian yang dilakukan tidak terjadi eror atau kesalahan data.

Hasil uji kekuatan impact untuk polipropilena dengan penambahan *impact modifier* dapat dilihat pada tabel 4.2 dan 4.3 sebagai berikut:

**Tabel 4.2** Hasil Uji Kekuatan Impact Kompon PP *Impact Modifier* Merek A

Sampel	Kadar <i>Impact Modifier</i> Merek A	Kekuatan Impact	Satuan
Variasi A1	0,5 %	21,170	J/m
Variasi A2	1,0 %	22,958	J/m
Variasi A3	1,5 %	23,395	J/m
Variasi A4	2,0 %	24,553	J/m
Variasi A5	2,5 %	24,740	J/m
Rata-rata		23,363	J/m

**Tabel 4.3** Hasil Uji Kekuatan Impact Kompon PP *Impact Modifier* Merek B

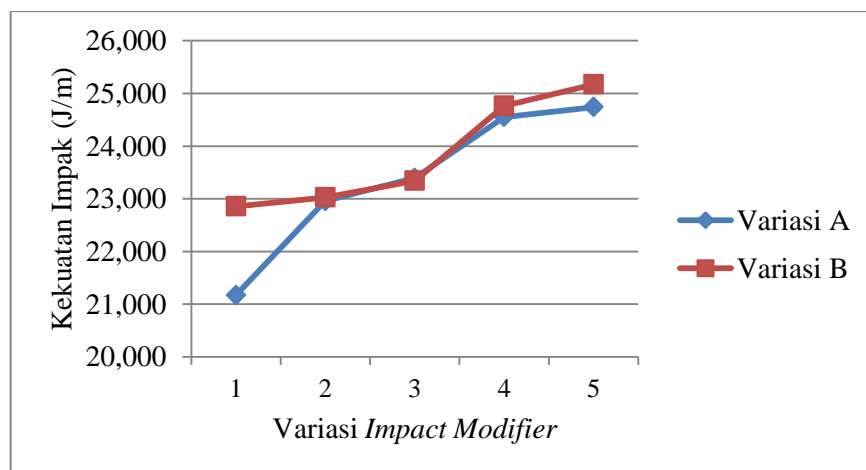
Sampel	Kadar <i>Impact Modifier</i> Merek B	Kekuatan Impact	Satuan
Variasi B1	0,5 %	22,858	J/m
Variasi B2	1,0 %	23,028	J/m
Variasi B3	1,5 %	23,343	J/m
Variasi B4	2,0 %	24,765	J/m
Variasi B5	2,5 %	25,173	J/m
Rata-rata		23,833	J/m

Pada tabel 4.2 dan 4.3 dapat diketahui bahwa rata-rata kekuatan impact antara sampel variasi A dengan variasi B tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Variasi A memiliki rata-rata nilai impact sebesar 23,363 J/m, sedangkan variasi B memiliki rata-rata nilai impact sebesar 23,833 J/m.

Penambahan zat aditif *impact modifier* merek A meningkatkan nilai impact PP dari rata-rata seluruh variasi A sebesar 7,22%. Sedangkan penambahan aditif *impact modifier* merek B meningkatkan nilai impact PP dari rata-rata seluruh variasi B sebesar 9,37%.

Berdasarkan perbandingan data tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa *impact modifier* terbaik untuk meningkatkan nilai impak pada kompon polipropilena adalah *impact modifier* merek B dengan nilai impak tertinggi terdapat pada variasi B5.

Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan senyawa etilena-propilena kopolimer merupakan golongan elastomer, yang memiliki persebaran gugus ataktik yang lebih banyak dibandingkan dengan senyawa polietilena pada *impact modifier* merek A, sehingga sifat polipropilena menjadi lebih ulet jika ditambahkan *impact modifier* etilena-propilena kopolimer, dibandingkan dengan menggunakan *impact modifier* polietilena. Sifat ulet pada polipropilena meningkatkan ketangguhan spesimen, sehingga proses penyerapan energi lebih besar saat terjadi pembebanan yang cepat (*rapid loading*) ketika beban impak menumbuk spesimen.



**Gambar 4.7** Kekuatan Impak Kompon Polipropilena

### 4.3 Analisis Sifat Kekuatan Tarik dengan *Tensile at Yield*

Pada tabel uji kuat tarik menggunakan *Universal Tensile Machine* diperoleh data dari hasil pembacaan kurva tegangan-regangan, yaitu *tensile at yield* dan *elongation at yield*.

*Tensile at yield* adalah kuat regangan tarik yang dibutuhkan dari awal spesimen mulai mengalami perenggangan sampai terjadinya deformasi plastis. *Elongation at yield* adalah persentase elongasi spesimen dari mulai mengalami perpanjangan saat penarikan, hingga spesimen mengalami deformasi plastis.

Hasil uji kekuatan tarik polipropilena 34 *flake*, dan hasil uji kekuatan tarik kompon polipropilena dengan variasi aditif *impact modifier* merek A dan B disajikan dalam tabel sebagai berikut:

**Tabel 4.4** Hasil Uji Kekuatan Tarik Polipropilena 34 *Flake*

Sampel	Kadar <i>Impact Modifier</i>	<i>Tensile at Yield</i> (MPa)	<i>Elongation at Yield</i> (%)
Kontrol 1	0 %	34,872	10,025
Kontrol 2	0 %	34,563	10,239
Kontrol 3	0 %	34,589	10,243
Kontrol 4	0 %	34,844	10,087
Rata-rata		34,717	10,149

Berdasarkan hasil penelitian yang disajikan dalam tabel 4.4, diketahui bahwa rata-rata kekuatan tarik polipropilena homopolimer hingga mencapai titik deformasi plastis adalah sebesar 34,717 MPa. Sedangkan berdasarkan *International Association of Plastics Distribution* (IAPD), diperoleh data bahwa polipropilena homopolimer memiliki nilai *tensile at yield* antara 31,03 – 41,37 MPa. Hal tersebut berarti pengujian yang dilakukan memiliki data dengan kisaran *tensile at yield* yang sama dengan IAPD.

**Tabel 4.5** Hasil Uji Kekuatan Tarik Kompon PP *Impact Modifier* Merek A

Sampel	Kadar <i>Impact Modifier</i> Merek A	<i>Tensile at Yield</i> (MPa)	<i>Elongation at Yield</i> (%)
Variasi A1	0,5 %	34,585	10,312
Variasi A2	1,0 %	34,465	11,026
Variasi A3	1,5 %	34,444	10,850
Variasi A4	2,0 %	34,093	10,502
Variasi A5	2,5 %	34,067	10,194
Rata-rata		34,331	10,576

Berdasarkan tabel 4.5 dapat diketahui bahwa rata-rata dari nilai kekuatan tarik kompon polipropilena variasi A hingga mencapai titik deformasi plastisnya adalah sebesar 34,331 MPa, dan elongasi spesimen hingga mencapai titik deformasi plastisnya adalah sebesar 10,576%.

**Tabel 4.6** Hasil Uji Kekuatan Tarik Kompon PP *Impact Modifier* Merek B

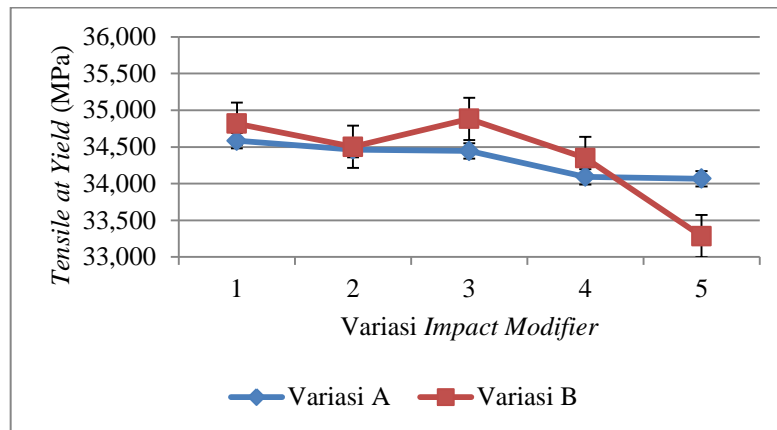
Sampel	Kadar <i>Impact Modifier</i> Merek A	<i>Tensile at Yield</i> (MPa)	<i>Elongation at Yield</i> (%)
Variasi B1	0,5 %	34,818	10,395
Variasi B2	1,0 %	34,501	9,907
Variasi B3	1,5 %	34,882	10,311
Variasi B4	2,0 %	34,349	10,381
Variasi B5	2,5 %	33,284	10,224
Rata-rata		34,366	10,243

Berdasarkan tabel 4.6 dapat diketahui bahwa rata-rata dari nilai kekuatan tarik kompon polipropilena variasi B hingga mencapai titik deformasi plastisnya adalah sebesar 34,366 MPa, dan elongasi spesimen hingga mencapai titik deformasi plastisnya adalah sebesar 10,243%.

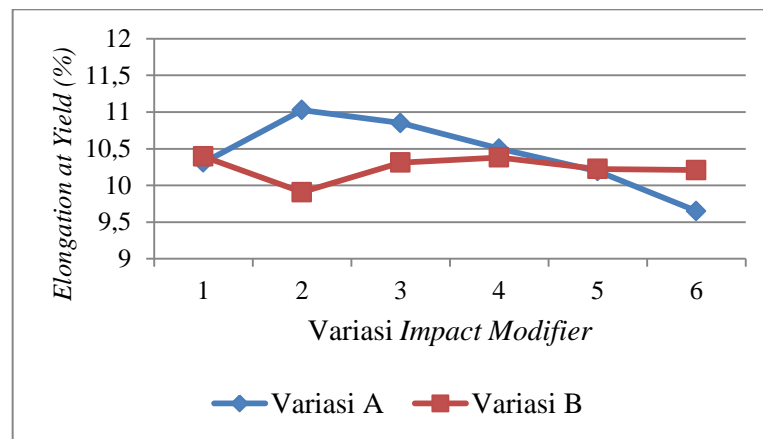
Dari data yang diperoleh, dapat diketahui bahwa penggunaan kadar *impact modifier* dengan variasi 0,5% sampai 2,5% tidak merubah sifat kekuatan tarik dari polipropilena secara signifikan, sehingga penggunaan *impact modifier* pada variasi 0,5% sampai 2,5% belum menyebabkan perubahan sifat deformasi polipropilena secara signifikan, sehingga baik digunakan untuk pembuatan *cup* kemasan.

Kemungkinan untuk terjadi penurunan kekuatan tarik kompon polipropilena lebih besar dapat terjadi bila persentase massa *impact modifier* ditingkatkan. Kekuatan tarik erat hubungannya dengan gugus dan ikatan senyawa. Gugus kristalin yang terdapat pada polipropilena memiliki sifat yang teratur dan cenderung rapat, sehingga beban kekuatan tarik yang dibutuhkan untuk membuat material mengalami deformasi pun juga besar. Sebaliknya, gugus amorf pada *impact modifier* bersifat tidak beraturan, sehingga kekuatan tarik yang dibutuhkan untuk mendeformasi material semakin kecil.

Sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Yuniari (2014) dari Balai Besar Kulit, Karet, dan Plastik, bahwa pada penelitiannya penambahan LDPE terhadap kuat tarik campuran nanokomposit PVC/LDPE, semakin besar penambahan LDPE, maka kuat tarik komposit semakin menurun, karena sifat PVC lebih kaku dibandingkan dengan LDPE.



**Gambar 4.8** Tensile at Yield Kompon Polipropilena



**Gambar 4.9** Elongation at Yield Kompon Polipropilena

Pada gambar 4.9 yang menunjukkan data elongasi kompon polipropilena variasi A dan variasi B menunjukkan tidak terjadi penurunan atau peningkatan elongasi spesimen secara linier. Data elongasi spesimen masih berada pada rata-rata 9-10% perenggangan.

#### 4.4 Analisis Sifat Kelenturan (*Flexural Modulus*)

Pengujian kelenturan bertujuan untuk mengetahui ketahanan suatu material terhadap pembebanan pada titik lentur dan untuk mengetahui elastisitas polimer. Hasil pengujian dari variasi A dan variasi B akan dibandingkan dengan polipropilena yang tidak menggunakan aditif *impact modifier*.

Penambahan *impact modifier* sangat memungkinkan terjadinya perubahan pada sifat mekanis kompon polipropilena. Hal tersebut memungkinkan dalam

perubahan sifat kelenturan kompon polimer. Semakin banyak komposisi dari suatu bahan yang ditambahkan, maka akan merubah nilai kekakuan kompon.

Hasil uji sifat kelenturan dengan *Universal Tensile Machine* diperoleh data berupa modulus lentur (*flexural modulus*), yang disajikan pada tabel sebagai berikut:

**Tabel 4.7** Hasil Uji Kelenturan Polipropilena 34 Flake

Sampel	Kadar <i>Impact Modifier</i>	Modulus Lentur	Satuan
Kontrol 1	0 %	1.455,00	MPa
Kontrol 2	0 %	1.420,00	MPa
Kontrol 3	0 %	1.454,00	MPa
Kontrol 4	0 %	1.422,00	MPa
Rata-rata		1.437,75	MPa

Berdasarkan percobaan dalam penelitian ini, diketahui bahwa rata-rata nilai modulus lentur (*flexural modulus*) dari kompon polipropilena tanpa penambahan *impact modifier* adalah sebesar 1.437,75 MPa.

**Tabel 4.8** Hasil Uji Kelenturan Kompon PP *Impact Modifier* Merek A

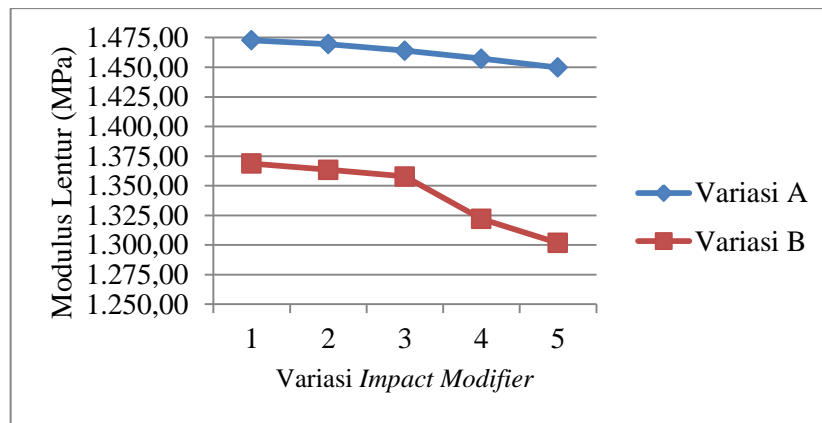
Sampel	Kadar <i>Impact Modifier</i> Merek A	Modulus Lentur	Satuan
Variasi A1	0,5 %	1.472,75	MPa
Variasi A2	1,0 %	1.469,50	MPa
Variasi A3	1,5 %	1.464,00	MPa
Variasi A4	2,0 %	1.457,25	MPa
Variasi A5	2,5 %	1.449,75	MPa
Rata-rata		1.462,65	MPa

**Tabel 4.9** Hasil Uji Kelenturan Kompon PP *Impact Modifier* Merek B

Sampel	Kadar <i>Impact Modifier</i> Merek B	Modulus Lentur	Satuan
Variasi B1	0,5 %	1.368,75	MPa
Variasi B2	1,0 %	1.363,50	MPa
Variasi B3	1,5 %	1.357,75	MPa
Variasi B4	2,0 %	1.322,00	MPa
Variasi B5	2,5 %	1.301,75	MPa
Rata-rata		1.342,75	MPa

Pada tabel 4.5 diperoleh data yaitu modulus lentur kompon dengan *impact modifier* merek A memiliki rata-rata nilai sebesar 1.462,65 MPa, dengan hasil

modulus tertinggi adalah pada variasi A1 sebesar 1.472,75 MPa. Sedangkan pada variasi B, nilai rata-rata modulus lentur adalah sebesar 1.342,75 MPa, dengan nilai modulus tertinggi terdapat pada variasi B1 sebesar 1.368,75 MPa.



**Gambar 4.10** Modulus Lentur Kompon Polipropilena

Modulus lentur (*flexural modulus*) merupakan suatu data yang menunjukkan kekakuan suatu material. Semakin tinggi nilai modulus, maka material tersebut semakin kaku, namun sebaliknya semakin rendah nilai modulus, semakin lentur suatu material.

Pada gambar 4.10 menunjukkan kecenderungan terjadinya penurunan modulus lentur kompon akibat dari penambahan aditif *impact modifier*. Penurunan modulus lentur yang terjadi memperlihatkan bahwa spesimen yang diberi penambahan aditif *impact modifier* akan memiliki sifat yang semakin lentur.

Data tersebut menunjukkan bahwa, penambahan aditif *impact modifier* merek A, dan aditif *impact modifier* merek B, dapat menurunkan sifat kekakuan polipropilena murni yang bersifat kaku (*rigid*), karena polipropilena homopolimer 34 *flake* bersifat isotaktik yang memiliki fasa kristalin lebih tinggi. Sedangkan LDPE dan propilena kopolimer merupakan polimer yang memiliki gugus ataktik yang bersifat semi amorf bahkan cenderung amorf yang memiliki sifat lebih lentur daripada polipropilena.

Semakin banyak *impact modifier* yang ditambahkan ke dalam kompon polipropilena, maka fasa kristalinnya semakin menurun. Akibat menurunnya fasa kristalin, maka sifat kompon polipropilena semakin lentur.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan dari data-data yang telah didapatkan, dan dan analisa sebagai berikut:

1. Penambahan aditif *impact modifier* dengan persen massa sebesar 0,5% sampai 2,5% berpengaruh dalam meningkatkan nilai impak kompon polipropilena, dengan peningkatan signifikan mulai dari variasi 1,0%.
2. Penambahan aditif *impact modifier* dengan persen massa sebesar 0,5% sampai 2,5% terjadi penurunan kekuatan tarik namun tidak signifikan. Penambahan aditif *impact modifier* pada persen massa 0,5% sampai 2,5% pun belum berpengaruh terhadap elongasi spesimen.
3. Penambahan aditif *impact modifier* dengan persen massa sebesar 0,5% sampai 2,5% mengalami penurunan *flexural modulus*. Semakin tinggi persen massa *impact modifier* yang digunakan, maka *flexural modulus* semakin rendah. Penurunan *flexural modulus* menyebabkan kelenturan polipropilena semakin tinggi.

## 5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dan analisis data hasil penelitian didapatkan saran sebagai berikut:

1. Diperlukan alat *injection molding* dengan stabilitas panas yang baik, sehingga tidak mudah *over heat* saat melakukan pencetakan spesimen, yang membuat waktu pengerjaan menjadi lama dan menurunkan kualitas spesimen yang dicetak.
2. Perlu dilakukan uji *X-Ray Powder Diffraction* (XRD) atau *X-Ray Fluorescence* (XRF) untuk mengetahui pasti senyawa yang terkandung dalam *impact modifier*.
3. Sebaiknya melakukan pembersihan alat *injection molding* dengan resin polipropilena 34 *flake* setiap selesai melakukan injeksi pelet kompon, agar pencampuran kompon lebih bersih dan homogen. Namun tidak dapat terlaksana karena resin polipropilena 34 *flake* untuk penelitian ini terbatas.
4. Sebaiknya melakukan pengujian gravimetri untuk melihat persentase kemunculan gugus isotaktik dan ataktik agar dalam membandingkan sifat mekanik kompon polipropilena lebih pasti.

## DAFTAR PUSTAKA

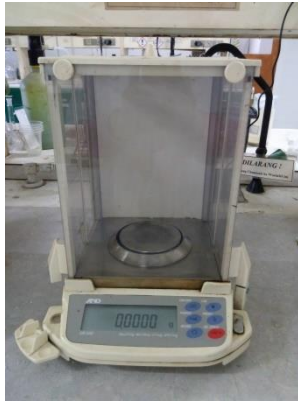
- Abreu, F.O.M.S.; Forte, M.M.C.; dan Liberman, S.A. 2004. "SBS and SEBS Block Copolymers as Impact Modifiers for Polypropylene Compounds". Brazil: Wiley Inter Science.
- Allcock HR, Lampe FW. 1981. "Contemporary Polymer Chemistry". New Jersey: Prentice-Hall Inc.
- Arlofa, Nina dan Herutomo, Hendro. 2017. "Perbandingan Analisis Gugus Ataktik pada Polimer Polipropilena Dengan Metode Gravimetri dan Fourier Transform InfraRed (FTIR)". Banten: Jurnal Senasset Univesitas Serang Raya.
- ASTM D256 - 02, Standard Test Methods for Determining the Izod Pendulum Impact Resistance of Plastics. ASTM International.
- ASTM D638 - 02a, Standard Test Method of Tensile Properties Plastics. ASTM International.
- ASTM D790 - 03, Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials. ASTM International.
- Basyarahil, Zulfa Ilham. 2017. "Karakterisasi dan Proses Manufaktur Komposit Polypropylene Berpenguat Serat Dendrocalamus Asper untuk Aplikasi Ruang Mesin Otomotif". Surabaya: Tugas Akhir Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Billmeyer JR, F. W., dan John Wiley&sons. 1984. "Text Book of Polymer Sience 3rd Edition". A Wiley Interscience Publication, New York.
- Borovanska, Dobрева, Benavente, Djoumalisky, dan Kotzev. 2016. "Quality Assessment of Recycled and Modifies LDPE/PP Blends". Pennsylvania: Journal of Elastomers and Plastics
- Castigliana, Silvia, dan Halimatuddahlia. 2016. "Pengaruh Penambahan Maleat Anhidrida-*Grafted*-Polipropilena terhadap Sifat Kekuatan Bentur dan Penyerapan Air Komposit Hibrid Plastik Bekas Kemasan Gelas

- Berpengisi Serbuk Serat Ampas Tebu dan Serbuk Serat Kaca”. Medan: Jurnal Teknik Kimia Universitas Sumatera Utara.
- Darojat, Ibnu Saba’at. 2008. “Analisis Pengaruh Waktu Pemanasan Awal dan Massa Sampel terhadap Hasil Uji Indeks Alir Lelehan Polipropilena. Depok: Skripsi Departemen Metalurgi dan Material Universitas Indonesia.
- Dwivedi, Mohit; Mishra, Shobhit; dan Singh, Vishal. 2014. “Effect of Polypropylene Fibres on Flexural Strength of M30 Grade Concrete”. VIT University: Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE).
- Fessenden, Ralph J. dan Fessenden, Joan S. Alih Bahasa: Aloysius Hadyana Pudjaatmaka. 1986. “Kimia Organik, Edisi Ketiga. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Hieronimus. 2010. “Makalah Material Teknik Tentang Polimer”. Jakarta: Universitas Gunadarma.
- International Association of Plastics Distribution (IAPD). “Material Property Polypropylene Tables”.
- Linko, P.; Linko, Y.Y.; dan Olkku. 1992. “Extrusion Cooking and Bioconversions dalam Ronald Jowitt (edt.)”. London: Extrusion Cooking Technology. Elsevier Applied Science Publisher.
- Maddah, Hisham A. 2016. “Polypropylene as a Promising Plastic: A Review”. American Journal of Polymer Science 2016.
- Maier, Clive dan Calafut, Teresa. 1998. “Polypropylene, The Definitive User’s Guide and Databook”. Norwich: Plastics Design Library.
- Masruchin, Nanang. 2012. “Pengembangan Komposit Polipropilena Berpenguat Serat Sisal dan Serat Sabut Kelapa untuk Material Komponen Otomotif”. Depok: Tesis Fakultas Teknik, Program Studi Metalurgi dan Material Universitas Indonesia.
- Moore, Edward P. Jr.; 1996; “Polypropylene Handbook: Polymerization, Characterization, Properties, Processing, Applications”; New York; Hanser Publisher Publications, Inc.

- Mujiarto, Imam. 2005. "Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif". Semarang: AMNI, Traksi Vol. 3, No. 2.
- Mutiah dan Surdia. 2001. "Karakteristik Kekuatan Tarik dan Derajat Kristalinitas Polipropilena Teriradiasi". *Jurnal Sains dan Teknologi Nuklir Indonesia*, Vol. 11, No. 1.
- Nikham. 2004. "Karakteristik Film Campuran Polipropilen-Ko-Etilen-/Poli- $\epsilon$ -Kapolakton dan Polipropilen Ditempel Maleik Anhidrat Hasil Iradiasi". Jakarta: Puslitbang Teknologi Isotop dan Radiasi-BATAN.
- Oksman K, Clemons C. 1997. "Mechanical Properties Polypropylene-Wood and Morphology of Impact Modified Flour Composites". *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 67, 1503-1513.
- Pavia, Donald L., Gary, M. Lampman, George, S. Kriz & James, R. Vyvyan. 2009. "Introduction to Spectroscopy, (4th ed.)". Washington: Cengage Learning.
- Plastics International. "Polypropylene Homopolymer Property".
- Sriyanto. 2016. "Study Sifat Fisis Dan Mekanis Bahan Polipropilena Pada Produk Penutup Spion Sepeda Motor Merk A dan Merk B". Surakarta: Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia (SKKNI) Nomor 125 Tahun 2016 Tentang Kategori Industri Pengolahan Golongan Pokok Industri Karet, Barang dari Karet dan Plastik Bidang Industri Produk Polimer.
- Strapasson, R.; Amico, S.C., Pereira, M.F.R.; & Sydenstricker, T.H.D. 2005. "Tensile and Impact Behavior of Polypropylene/Low Density Polyethylene Blends". Mechanical Engineering Department, Federal University of Parana, Brazil.
- Stuart, Barbara H. 2004. *Infrared Spectroscopy: Fundamental and Applications*. Chichester: John Wiley and Sons, Ltd.
- Sumaryono. "Perilaku Pengujian Tarik pada Polimer Polistiren dan Polipropilen". Semarang: Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Otomotif IKIP Veteran.

- Sunarni, Anik; Marlijanti, Isni; Razzak; & Gatot, T.M. 1996. "Efek Iradiasi Terhadap Kompon Polietilen Densitas Rendah". Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi, BATAN.
- Supratman, Unang. 2010. "Elusidasi Struktur Senyawa Organik". Bandung: Widya Padjajaran.
- Surono, Untoro Budi. 2013. "Berbagai Metode Konversi Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak". Yogyakarta: Teknik Mesin Universitas Janabadra.
- Thostenson ET; Li C; Chou TW. 2005. "Nanocomposite in Context". Composites Science and Technology 65, 491-516.
- Tinius Olsen Inc.. "An Introduction to Izod Impact Testing of Plastics". Pennsylvania: Tinius Olsen, Inc. USA.
- Vahur, Signe; Teearu, Anu; Peets, Pilleriin; Joosu, Lauri; & Leito, Ivo. 2016. "ATR-FT-IR Spectral Collection of Conservation Materials in the Extended region of 4000-80  $\text{cm}^{-1}$ ". Estonia: Institute of Chemistry University of Tartu.
- van Reenen, AJ & Basson, NC. 2012. "Molecular Composition and Properties of Impact Propylene Copolymer". Metieland: eXPRESS Polymer Letters Vol. 6, No.5, 427-436
- Xuejun Zhang; Dan Zhang; dan Ting Liu. 2012. "Influence of Nucleating Agent on Properties of Isotactic Polypropylene". Taiyuan: International Conference on Future Electrical Power and Energy Systems.
- Yuniari, Arum. 2014. "Karakteristik Sifat Mekanik, Ketahanan Api dan Pembakaran dan Morfologi Nanokomposit Campuran PVC dan LDPE". Yogyakarta: Balai Besar Kulit, Karet, dan Plastik, Majalah Kulit, Karet, dan Plastik Vol.30 No.1

**LAMPIRAN A**  
**GAMBAR ALAT**



Timbangan Digital AND Gr-200



Mixer Toshiba Tosvert VF-A3



Ekstruder *Single Screw* Axxon Ab



Mesin *Injection Molding*



*Waterbath dan conveyor*



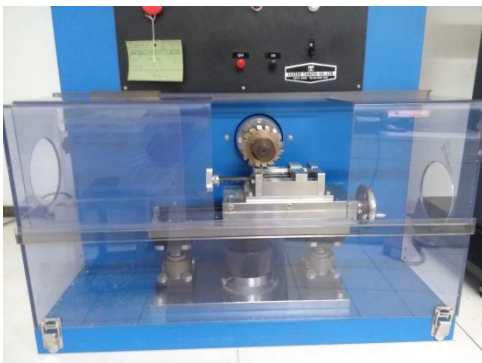
Mesin *Pelletizing*



*Impact izod Tinius Olsen model 892*



*Fourier Transform Infrared (FTIR)  
Nicolet iS10*



*Alat grinding Tester Sangyo*



*Universal Tensile Machine (UTM)  
Instron 5565*

**LAMPIRAN B**  
**GAMBAR BAHAN**



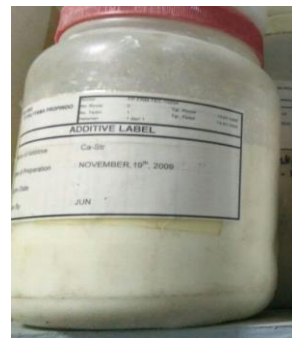
*Impact modifier merek A*



*Impact modifier merek B*



*Polipropilena grade 34 flake*



*Anti acid kalsium stearat*



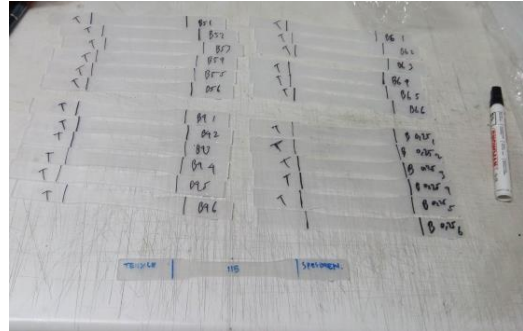
*Antioksidan Indonox B210*

## LAMPIRAN C

### GAMBAR SPESIMEN UJI



Spesimen Uji Kekuatan Impak Izod dengan Takik (*Notch*)



Spesimen Uji Kekuatan Tarik dan Lentur



Hasil patahan spesimen uji

## LAMPIRAN D

### DATA SIFAT-SIFAT POLIPROPILENA OLEH IAPD



TYPICAL PROPERTIES OF POLYPROPYLENE (PP)					
ASTM or UL Test	Property	HPP*	HPP-filled	CPP**	CPP-filled
D792	Specific gravity	0.90-0.91	0.97-1.27	0.89-0.91	0.98-1.24
D570	Water absorption (%)	0.01-0.03	0.01-0.09	0.03	0.01-0.02
D638	Tensile strength (psi)	4,500-8,000	3,500-16,000	4,000-5,500	2,500-10,000
D638	Elongation at break (%)	100-800	1.5-80	200-500	2.2-50
D638	Tensile modulus (psi)	16,500-22,500	37,500-100,000	13,000-18,000	5,000-35,000
D790	Flexural modulus (psi)	17,000-25,000	21,000-100,000	13,000-20,000	21,000-99,000
D256	Impact strength, Izod (ft-lb/in of notch)	0.4-1.4	0.6-12	1.1-14	0.6-4.0
D785	Hardness, Rockwell R	80-102	75-117	85-98	81-105
C177	Thermal conductivity (10 <sup>-4</sup> cal-cm/sec-cm <sup>2</sup> -°C)	2.8	2.4-9	3.5-4.0	3-9
D698	Coefficient of thermal expansion (10 <sup>-6</sup> in/in-°C)	8-10	1.5-5	6-10	2-6
D648	Deflection temperature (°F) At 264 psi	120-140	130-330	120-140	116-280
	At 88 psi	225-250	220-300	185-220	170-305
UL 94	UL flammability rating***	HB	HB	HB	HB

\*Homopolymer polypropylene. \*\*Copolymer polypropylene. \*\*\*V-2, V-1, V-0, V-5 grades available.

TYPICAL PROPERTIES OF POLYPROPYLENE (PP)					
ISO or UL Test	Property	HPP*	HPP-filled	CPP**	CPP-filled
ISO1183	Specific gravity	0.90-0.91	0.97-1.27	0.89-0.91	0.98-1.24
ISO82	Water absorption (%)	0.01-0.03	0.01-0.09	0.03	0.01-0.02
ISO527	Tensile strength (MPa)	31.03-41.37	24.13-110.32	27.58-37.92	17.24-88.95
ISO527	Elongation at break (%)	100-800	1.5-80	200-500	2.2-50
ISO527	Tensile modulus (MPa)	113.7-155.1	258.5-889.5	89.8-124.1	34.4-241.3
ISO178	Flexural modulus (MPa)	117.2-172.3	144.8-889.5	89.8-137.9	144.8-881.9
ISO180	Notched Izod impact strength (J/m)	21-75	32-841	59-747	32-214
ASTM D785	Hardness, Rockwell R	80-102	75-117	85-98	81-105
ISO8302	Thermal conductivity (W/(mK))	0.22	0.25-0.51	0.22	0.25-0.51
ISO11359	Coefficient of thermal expansion (10 <sup>-4</sup> m/m-°C)	1.4-1.8	0.27-0.90	1.08-1.80	0.36-1.08
ISO75	Deflection temperature (°C) At 1.80 MPa	49-80	54-168	49-80	47-138
	At 0.45 MPa	107-121	104-149	85-104	77-152
UL 94	UL flammability rating***	HB	HB	HB	HB

\*Homopolymer polypropylene. \*\*Copolymer polypropylene. \*\*\*V-2, V-1, V-0, V-5 grades available.